

**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISIOLÓGICAS, FISICOQUÍMICAS Y
NUTRACEÚTICAS EN EL PERIODO POSTCOSECHA DE LA PAPAYA
(*Carica papaya L.*) TAINUNG F1 TIPO EXPORTACIÓN DEL
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA**

YINA PAOLA BUELVAS MUÑOZ

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
BERÁSTEGUI-CÓRDOBA**

2017

**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISIOLÓGICAS, FISICOQUÍMICAS Y
NUTRACEÚTICAS EN EL PERIODO POSTCOSECHA DE LA PAPAYA
(*Carica papaya L.*) TAINUNG F1 TIPO EXPORTACIÓN DEL
DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA**

YINA PAOLA BUELVAS MUÑOZ

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera de Alimentos

Ing. Ph.D. GUILLERMO SEGUNDO ARRÁZOLA PATERNINA

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
BERÁSTEGUI-CÓRDOBA**

2017

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del proyecto, serán responsabilidad de los autores. Artículo 61, acuerdo N° 093 del 26 de noviembre de 2002 del Consejo Superior.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso

A mis padres, que todo les debo

A la memoria de Paola Cordero

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Córdoba y al Programa de Ingeniería de Alimentos.

A mi director Guillermo Arrázola, por su valioso apoyo y colaboración.

A Fernando Villadiego y Estefany Díaz.

A la auxiliar del laboratorio GIPAVE, Sindy Galván.

A la asociación APPALSI.

A mis jurados por sus valiosos aportes durante el desarrollo de este trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	01
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	05
2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE PAPAYA.....	05
2.1.1 Clasificación taxonómica.....	06
2.1.2 Usos de la papaya y transformación.....	07
2.1.3 Criterios de calidad.....	08
2.2. CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE LAS FRUTAS.....	08
2.2.1 La madurez.....	09
2.2.2 Índice de madurez.	09
2.2.3 La respiración.....	10
2.2.4 La transpiración.....	11
2.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS FRUTAS.....	12
2.3.1 El color.....	12
2.4. PROPIEDADES NUTRACEÚTICAS.....	14
2.4.1 Importancia de los fitoquímicos presentes en los vegetales.....	14
2.4.1.1 Polifenoles.....	14
2.4.1.2 Flavonoides.....	15
2.4.1.3 Carotenoides.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	18
3.2. PROCEDIMIENTOS.....	18
3.2.1 Recolección de las muestras.....	18
3.3. VARIABLES DE MEDICIÓN.....	19
3.3.1 Variables dependientes.....	19
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	19
3.4.1 Caracterización fisiológica de las frutas de papaya Tainung F1 mediante la valoración de la tasa de respiración y pérdida fisiológica de peso.....	19

3.4.2	Determinación de las características fisicoquímicas de la papaya Tainung F1	20
3.4.3	Evaluación de las propiedades nutraceuticas, vitamina C y capacidad antioxidante	21
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1.	CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE LAS FRUTAS DE PAPAYA TAINUNG F1 MEDIANTE LA VALORACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN Y PÉRDIDA FISIOLÓGICA DE PESO.....	23
4.1.1	Valoración de la tasa de respiración.....	23
4.1.2	Pérdida fisiológica de peso.....	26
4.2.	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA PAPAYA TAINUNG F1.....	29
4.3.	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS, VITAMINA C Y CONCENTRACIÓN DE FENOLES TOTALES EN LA PULPA DE LA PAPAYA TAINUNG F1.	41
4.3.1	Evaluación del contenido de vitamina C.....	41
4.3.2	Evaluación del contenido de fenoles totales.....	44
5.	CONCLUSIONES.....	48
6.	RECOMENDACIONES.....	50
	BIBLIOGRAFÍA.....	51
	ANEXOS.....	70

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutricional de los frutos de papaya.....	06
Cuadro 2. Descripción botánica de la papaya	07
Cuadro 3. Métodos empleados para la determinación de las características fisicoquímicas de la papaya Tainung F1.....	22
Cuadro 4. Métodos empleados para la caracterización nutracéutica de la papaya Tainung F1.....	22
Cuadro 5. Datos obtenidos para el modelo cromático Cielab medidos en la cáscara de papaya Tainung.....	35
Cuadro 6. Datos obtenidos para el modelo cromático Cielab medidos en pulpa de papaya Tainung F1.....	36

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de sustancias nutraceuticas presentes en frutas y hortalizas.....	16
Tabla 2. Métodos utilizados para la caracterización fisiológica de las frutas de papaya Tainung F1.....	20
Tabla 3. Variables fisicoquímicas medidas en pulpa de papaya Tainung F1.....	29
Tabla 4. Correlaciones de Pearson para las variables fisicoquímicas y valores de las coordenadas Cielab en pulpa de frutas de papaya Tainung F1.....	30
Tabla 5. Correlaciones de Pearson para las variables fisicoquímicas y valores de las coordenadas Cielab en cáscara de los frutos de papaya Tainung F1.....	33
Tabla 6. Análisis de regresión múltiple para correlacionar el grado de madurez con los parámetros del modelo cromático Cielab medidos en la pulpa de la papaya Tainung F1.....	34
Tabla 7. Análisis de regresión múltiple para correlacionar el grado de madurez con los parámetros del modelo cromático Cielab medidos en cáscara de la papaya Tainung F1.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Grado de maduración en papaya Tainung F1 cultivada por la asociación APPALSI en los municipios de Valencia y Tierralta – Córdoba.....	21
Figura 2. Tasa de respiración de frutas de papaya Tainung F1 con diferentes grados de madurez evaluada en diferentes condiciones de temperatura de almacenamiento, 27,4 °C - 87% HR y 10,3 °C.- 85% HR. Los días representan el tiempo necesario para alcanzar el grado de madurez respectivo a 27,4 °C.....	24
Figura 3. Pérdida de peso de la papaya Tainung F1 en función del tiempo de almacenamiento a 27°,4°C y 10,3 °C	27
Figura 4. Análisis fisicoquímicos de los frutos de papaya Tainung F1.....	31
Figura 5. Componentes del color de cáscara y pulpa durante la maduración de frutos de papaya Tainung F1. Valores L*.....	37
Figura 6. Componentes del color a* y b* en cáscara y pulpa durante la maduración de frutos de papaya Tainung F1.....	38
Figura 7. Componentes del color de cáscara y pulpa durante la maduración de frutos de papaya Tainung F1. (C*) (h°).....	39
Figura 8. Contenido de Vitamina C en frutos de papaya Tainung F1 para cinco grados de madurez.....	41
Figura 9. Comparación del contenido de Vitamina C en frutas de papaya Tainung F1cultivada por APPALSI y otros vegetales de consumo masivo cultivados en Colombia.....	43
Figura 10. Valores del contenido de fenoles totales en los diferentes grados de madurez de la papaya Tainung F1.....	45
Figura 11. Contenido de fenoles totales en papaya Tainung F1 y otras frutas de consumo masivo.	46

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Medidas experimentales promedio obtenidas en las frutas de papaya Tainung F1.....	70
ANEXO B. Análisis estadístico para los datos de tasa de respiración de las frutas de papaya Tainung F1.....	71
ANEXO C. Análisis estadístico para los datos de pérdida de peso de las frutas de papaya Tainung F1 en dos condiciones de almacenamiento	73
ANEXO D. Análisis estadístico para los datos de análisis fisicoquímico de las frutas de papaya Tainung F1.....	74
ANEXO E. Análisis estadístico para los datos de contenido de vitamina C y fenoles totales en papaya Tainung.....	79
ANEXO F. Resumen de propiedades fisicoquímicas de la papaya Tainung F1.....	81
ANEXO G. Simbología utilizada.....	82

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue estudiar las propiedades fisiológicas, fisicoquímicas y nutraceuticas en el periodo postcosecha de la papaya (*Carica papaya L.*) Tainung F1 tipo exportación cultivada en el departamento de Córdoba. Las frutas fueron clasificadas en cinco grados de madurez según el color externo. La producción de CO₂ tuvo un comportamiento creciente proporcional al grado de madurez, con un valor máximo de 45,47 ml•kg⁻¹•h⁻¹ de CO₂ para las frutas almacenadas a 27,4 °C (87% de HR) y 16,84 ml•kg⁻¹•h⁻¹ de CO₂ para las frutas almacenadas a 10,3°C (85% de HR). La pérdida fisiológica de peso a 27,4 °C varió desde 3,6% a 7,4%, mientras que las frutas almacenadas a 10,3 °C presentaron una variación menor, comprendida entre 0,8% y 1,1%. El valor de la acidez (% ácido cítrico) aumentó y el pH disminuyó con el grado de madurez. La prueba de correlación de Pearson demostró una relación directamente proporcional y significativa entre el grado de madurez y los sólidos solubles totales (SST) y la acidez (%) y las coordenadas de color a* y b*. El modelo de regresión obtenido entre el grado de madurez y las coordenadas de color en cáscara presento un R² de 96,4% y un R² de 91,44% para la correlación con el color de la pulpa. La pulpa presentó un promedio de 60,2 mg/100g de vitamina C para el grado de madurez 5 y de 59,08 mg/100g para el grado de madurez 1. El contenido de fenoles totales disminuyó con el avance del grado de madurez. A partir del estudio realizado se pudo concluir que las características fisicoquímicas de la papaya Tainung F1 indican una excelente funcionalidad para el procesamiento de conservas como mermeladas, jaleas y jugos. En relación al grado de madurez, resulta adecuado y estándar el almacenamiento de la fruta en estudio con madurez comercial referenciada para las coordenadas: a* de -9,42, b* 23,39, L*0,14, C*

25,21, h° 111,9 y un índice de coloración de -13,64. La fruta en fresco es una fuente potencial de vitamina C comparable a las fresas y la guayaba. Posee además un contenido de fenoles clasificado como nivel intermedio.

Palabras clave: Respiración, Peso, Color, Acidez, Nutracéutico, Frutas tropicales.

ABSTRACT

The aim of the present investigation was to study the physiological, physicochemical and nutraceutical properties in the postharvest period of the papaya (*Carica papaya L.*) Tainung F1 export type cultivated in the department of Córdoba. The fruits were classified in five degrees of maturity according to the external color. CO₂ production increased proportionally to maturity, with a maximum value of 45.47 ml • kg⁻¹ • h⁻¹ of CO₂ for fruits stored at 27.4 ° C (87% RH) and 16.84 ml • kg⁻¹ • h⁻¹ of CO₂ for fruits stored at 10.3 °C (85% RH). The physiological weight loss at 27.4 °C ranged from 3.6% to 7.4%, while fruits stored at 10.3 °C showed a lower variation, ranging from 0.8% to 1.1%. The value of acidity (% citric acid) increased with and the pH decreased with the degree of maturity. The Pearson correlation test showed a directly proportional and significant relationship between the degree of maturity and the total soluble solids (TSS) and the acidity (%) and the color coordinates a * and b *. The regression model obtained between the degree of maturity and the color coordinates in the shell presented a R² of 96.4% and a R² of 91.44% for the correlation with the color of the pulp. The pulp presented an average of 60.2 mg/100 g of vitamin C for the degree of maturity 5 and 59.08 mg/100 g for the degree of maturity 1. The content of total phenols decreased with the advancement of maturity degree. From the study carried out it was possible to conclude that the physicochemical characteristics of the Tainung F1 papaya indicate an excellent functionality for the processing of preserves such as jams, jellies and juices. In relation to the degree of maturity, it is adequate and standard the storage of the fruit in study with commercial maturity referenced for the coordinates: a * of -9.42, b * 23.39, L * 0.14, C * 25, 21, h° 111.9 and a coloration index of -13.64. The fresh fruit is a potential source of vitamin C

comparable to strawberries and guava. It also has a phenol content classified as intermediate level.

Keywords: Respiration, Weight, Color, Acidity, Nutraceutical, Tropical fruits.

1. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de las frutas consumidas en fresco o destinadas a transformación industrial, depende de los factores y controles durante su cultivo, cosecha y postcosecha. Es en estos estadios de recolección donde se influencia la calidad en términos de tamaños, texturas, colores, olores y sabores, que diferencian al producto dentro de la cadena productiva y le aportan características importantes para su aceptación en los mercados especializados.

A nivel mundial la papaya es la tercera fruta más producida luego del mango y la piña, estimándose un área cultivada de 430.000 hectáreas, con producciones de hasta 12,5 millones de toneladas/cosecha. El mayor consumidor de papaya es Estados Unidos; los mayores productores son la India, Brasil, México, República Dominicana, Nigeria y Etiopía; mientras que Colombia ocupa en promedio el octavo lugar en producción (Servicio Agroalimentario de Cajamar 2014). La papaya es una fruta de origen tropical y subtropical y existen cultivares de variedades distintas que se ajustan a características requeridas por los mercados. Entre estas variedades, se encuentran la Maradol, Solo o Sunrise, Satira I, Cotove, Sriflora, Zapote, Melona, Red lady, los híbridos Tainung 1, Tainung 2 y otras variedades experimentales menos comerciales y utilizadas en el

comercio como la Jibara , Azteca e Intenzza, producidas en cultivos regionales de Centro América (Mirafuentes *et al.* 2011; Gómez 2013; Semillas del Caribe 2016).

Las variedades e híbridos en mención se cultivan en Colombia en las regiones de la Costa Atlántica, los llanos orientales, Santander, Tolima, Antioquia y Valle del Cauca. En el departamento de Córdoba, las frutas que dominan el renglón productivo son principalmente el coco, la guayaba, el mango, la papaya, la patilla, la guanábana, el limón, la mandarina, el marañón, el níspero, la piña y el zapote. Las variedades de papaya producidas en el departamento son la papaya Hawaiana y actualmente el híbrido papaya Tainung F1, con un área cosechada que ascendió a 1.050 hectáreas durante el 2013 en los municipios de Valencia, Tierralta, Montería y Cereté (ASOHOFrucol 2013); con rendimientos de 80 ton/ha para la papaya Tainung F1, que se exporta a Canadá en un flujo promedio de 19 toneladas/cosecha.

La asociación agroecológica de papaya del Alto Sinú (APPALSI) cuenta con 78 hectáreas de papaya establecidas, la producción estimada por hectárea es de 80 toneladas, para un total de 6.240 toneladas de papaya. Se proyecta en el periodo 2016-2018 aumentar la producción a 12.800 toneladas en 160 hectáreas (MADR 2016; DPS 2016). En este orden de ideas, al resaltar además que la papaya es una fruta climatérica, susceptible al deterioro postcosecha, la cadena productiva del departamento de Córdoba, ha manifestado la necesidad de caracterizar la producción e implementar un sistema de gestión de calidad y manejo postcosecha, que constituya un apoyo en términos de control fitosanitario, buenas prácticas agrícolas, trazabilidad del producto, fortalecimiento de la logística postcosecha, estandarización de la calidad de las frutas, capacitación del personal en controles de exportación y definición de estrategias de comercialización (Castellanos *et al.* 2011).

Las normas de exportación definidas por los países interesados y sus protocolos son una guía importante a cumplir, para asegurar la inocuidad de las frutas exportadas desde Colombia. En este sentido se referencian las normas que el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el servicio sanitario de inspección agropecuaria de Estados Unidos (APHIS) sustentan para las buenas prácticas agrícolas y el manejo postcosecha (ICA 2003; ICA 2010). En los mercados internacionales la papaya ha alcanzado un renglón importante, es una fruta muy solicitada en Estados Unidos, Europa, Japón y Canadá.

En Colombia, específicamente en el departamento de Córdoba, la Asociación Agroecológica de Productores de Papaya del Alto Sinú (APPALSI) y los productores de papaya de Tierralta, en asocio con ASOHOFrucol en el marco del Plan Nacional de Fomento Agrícola y el Plan de Transformación Productiva, han priorizado esta dinámica como eje importante del comercio de la papaya (ASOHOFrucol 2015).

El Plan Hortofrutícola Nacional prevé un crecimiento de los cultivos entre el 2016 y el 2020 (MADR 2016). De acuerdo a la importancia de los mercados y sus exigencias, se hace necesario la caracterización de las frutas para definir la calidad a ofertar y más aún la calidad definida por las normas internacionales. La caracterización de las frutas de papaya Tainung F1 cultivada en el departamento de Córdoba es fundamental, al no existir datos de parámetros fisiológicos, fisicoquímicos, termofísicos, nutraceuticos y texturales de los cultivos realizados en los municipios de Tierralta y Valencia que son acopiados por la asociación APPALSI.

El objetivo de la presente investigación fue estudiar las propiedades fisiológicas, fisicoquímicas y nutraceuticas en el periodo postcosecha de la papaya (*Carica papaya*) Tainung F1 tipo exportación, cultivada en el departamento de Córdoba. Para lograr el

objetivo propuesto se midieron y analizaron los comportamientos de las variables: tasa de respiración, pérdida fisiológica de peso, color en cáscara, color de la pulpa, concentración de sólidos solubles totales, acidez, pH, contenido de vitamina C y concentración de fenoles totales.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE LA PAPAYA

La papaya es una fruta cuyo origen se encuentra en las tierras bajas de la América tropical desde el sureste de México hasta Costa Rica, aunque actualmente se encuentra en todas las regiones tropicales del mundo. Todas las especies de *Carica* son provenientes de América tropical, siendo aprovechadas para el consumo y también por sus diversas propiedades para la salud. Actualmente estas características no son relevantes para su comercialización pero priman las características organolépticas del fruto (Jiménez 2002).

La fruta de la papaya contiene carotenoides y minerales importantes como el sodio, potasio, fósforo, zinc, magnesio, manganeso, además de sustancias enzimáticas como la papaína que es útil para degradar proteínas rápidamente, también contiene pectinas, ciertos azúcares y aceites en baja proporción. La composición promedio nutricional del fruto de la papaya se puede observar en el Cuadro 1. Esta fruta ha presentado tasas de consumo per cápita creciente en países importantes para su comercialización como México y Estados Unidos. El mercado de la papaya presenta un panorama alentador con tendencias crecientes en consumo, representando una buena alternativa para los mercados

internos de los países citados y para la exportación desde el Caribe donde los cultivos han tomado importancia en los últimos años (Vázquez *et al.* 2010).

Cuadro 1. Composición nutricional de los frutos de papaya.

Componente	Porcentaje (%)
Humedad	90
Proteína	0.5
Grasa	0.1
Cenizas	0.5
Fibra dietaria	0.8
Carbohidratos	8.9
Calcio	25
Fosforo	12
Hierro	0.4
Vitamina A mg	700
Betacarotenos mg	595
Tiamina mg	0.03
Riboflavina mg	0.02
Niacina mg	0.3
Vitamina C mg	75

Fuente: Arias 2000

2.1.1 Clasificación taxonómica

La papaya es una de las frutas de mayor distribución en los países tropicales y subtropicales, caracterizada por un valor nutritivo importante y sabor aceptado por los consumidores, lográndose cotizar en los mercados internacionales. La fruta se caracteriza por ser blanda y jugosa, perteneciente a una familia de unas 71 especies de árboles, de los cuales 21 pertenecen específicamente a la especie *Carica*. En el Cuadro 2 puede observarse la descripción botánica de la papaya.

Cuadro 2. Descripción botánica de la papaya.

Reino	Embryophyta
Subreino	Magnoliophyta
Subclase	Dillenidae
Orden	Parietales
Familia	Caricaceae
Género	Carica
Especie	Papaya

Fuente: Jiménez (2002)

De acuerdo a García (2010), el fruto de la papaya puede ser cilíndrico, alargado, en forma de pera, ovalada o redonda, características del género *Carica* mencionado en el Cuadro 2, con potencial para obtener productos agroindustriales como papaína, pectina, esencias de aceites, néctares, conservas, jaleas, fruta deshidratada, mermeladas, jugos, como medio para elaboración de cultivos, ablandador de carnes, suavizadores de chicles, clarificación de cervezas entre otros usos.

2.1.2 Usos de la papaya y transformación

La papaya ha sido utilizada como fuente de insecticidas a través de polvo de semillas para combatir las plagas agrícolas (Figuerola *et al.* 2005). La papaya también es utilizada como fuente de la enzima papaína que hidroliza péptidos, amidas y ésteres, esta enzima se encuentra presente en el látex de la fruta de la familia *Caricaceae* mencionada en el Cuadro 2 (Bertoluzzo 2008). En el proceso de transformación la papaya puede utilizarse para obtener productos diversos tales como látex, pulpas, mermeladas, deshidratada, rebanadas congeladas, almíbar, extracto de pulpa entre otros productos que puedan ser

parte de la innovación. Las semillas se utilizan como fuente de desparasitantes y antipiréticos, harinas y ablandadores de carne (Instituto Tecnológico de Monterrey 2003).

2.1.3 Criterios de calidad

Los criterios de calidad de la papaya están relacionados con la ausencia de daños y defectos en precosecha, cosecha y postcosecha, teniendo en cuenta que cumpla con un estado de madurez óptimo y en el caso de ser exportada, con los requisitos de calidad y sanidad que el país destino exija, además del buen empaque y presentación. En la cosecha se aconseja obtener el fruto con cortes de cuchilla curva previamente desinfectada, dejando el pedúnculo con unos 5 a 10 mm de longitud. Se debe evitar los golpes magulladuras, abrasiones y cortes en la cáscara, que pueden causar deterioro fisiológico disminuyendo la calidad comercial (Vargas 2010).

2.2 CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE LAS FRUTAS

Las frutas respiran y transpiran y liberan etileno durante su postcosecha. El etileno es considerado la fitohormona de la maduración, la madurez es una etapa del proceso fisiológico de las frutas donde se presenta el cambio de tamaño, la producción de aromas y sabores. La madurez se define de acuerdo al comercio de la fruta, de esta manera se habla de madurez de cosecha, madurez comercial y madurez de consumo (Pinto 2010).

Después de la recolección se presentan pérdidas de frutas, siendo un aspecto importante desde el punto de vista social y económico para toda la cadena productiva, influyendo en los costos de la comercialización (López 2000).

2.2.1 La madurez

Los múltiples cambios que se generan a nivel bioquímico se deben al proceso fisiológico denominado madurez, por medio del cual se generan la síntesis de proteínas, pigmentos, componentes del sabor y demás sustancias del órgano vegetal, a partir de los esqueletos carbonatados producidos durante la respiración de las frutas. Este patrón de respiración es la base para clasificar las frutas como climatéricas y no climatéricas (Hernández 2011).

En el periodo de madurez la fruta pasa por importantes cambios bioquímicos y fisiológicos que determinan las características sensoriales, sabor, aromas, textura y permiten el desarrollo para el consumo adecuado (García y Cury 2011). Para satisfacer las necesidades del consumidor final, es muy importante establecer el momento óptimo de madurez, con la finalidad de mantener las propiedades sensoriales durante la fase de pos recolección, manipulación, comercialización y distribución, permitiendo ofrecer frutos bien coloreados, perfumados naturalmente y con texturas adecuadas (Yirat *et al.* 2009).

2.2.2 Índice de madurez

El índice de madurez tomando en consideración el color de la fruta, indica que la cosecha debe efectuarse cuando el desarrollo del color amarillo sea menor a un cuarto de la superficie del fruto, pues las frutas que tienen una superficie amarilla de un cuarto, un medio y tres cuartos, son consideradas en estado de madurez avanzado. Según Miranda *et al.* (2002) y Esquivel *et al.* (2008) además del color otros índices de madurez deben investigarse para el cultivo de la localidad en cuestión, tales como la textura y el contenido de sólidos solubles que debe estar en un límite mínimo de 11,5%. En la cosecha de la

papaya el criterio más aceptado suele ser la presencia de fajas longitudinales de coloración amarilla (pintas), que inician y se concentran en el ápice de la fruta.

Para asegurar la calidad mínima aceptable del consumidor y una vida de almacenamiento larga, es necesario estudiar el índice de madurez de la fruta. A través de diversas investigaciones numerosos estudios han intentado establecer índices de calidad y métodos de medición que objetiven la determinación de la calidad de las frutas y hortalizas, aunque aún no se han establecido criterios que interrelacionen los diferentes factores que integran la calidad sensorial (Santaella 2011). La medición de este índice por lo general se pretende que sea sencilla, fácil durante la manipulación y con equipos relativamente baratos que proporcionen resultados objetivos y con métodos no destructivos preferiblemente (Crisosto 1999).

Los índices más utilizados para establecer la madurez de las frutas son el color de fondo, la firmeza, el contenido de sólidos solubles, la prueba de almidón y la acidez, siendo todas pruebas muy prácticas. Otros índices utilizados son el número de días desde la floración, la intensidad respiratoria y la producción de etileno. Los procesos fisiológicos que más incidencia tienen en el deterioro de las frutas en su postcosecha son la respiración y la transpiración (Angón y Sánchez 2006).

2.2.3 La respiración

Entre los factores que afectan la actividad respiratoria y que son inherentes al producto vegetal se encuentran: el estado de desarrollo, tipo y estructura del tejido, cubierta natural, estado metabólico del tejido (coeficiente respiratorio) y el tamaño del producto (Carmona 2001). De los factores externos, los más relevantes son la temperatura, concentración de

gases en el ambiente (O_2 , CO_2 , C_2H_4), daños mecánicos, fitopatológicos y fisiopatías (Ferreira *et al.* 2005). La respiración como proceso biológico incide directamente en la percepción del aroma, color y sabor, teniendo una influencia directa el punto de madurez, la temperatura de almacenamiento, los daños mecánicos y las atmosferas de almacenamiento (Dussán *et al.* 2008).

La mayor parte de la energía liberada durante la respiración se desprende como calor y puede determinarse por calorimetría. Se producen muchos cambios químicos y la mayoría de ellos influyen directamente en la calidad (Flores 2009). Algunos de estos cambios son: desaparición de la clorofila y síntesis de pigmentos, ablandamiento de los tejidos debido a la descomposición de las pectinas, desarrollo de algunos constituyentes de olor y destrucción de otros. La intensidad respiratoria de un fruto se mide como la cantidad de CO_2 en miligramos que desprende un kilogramo de fruta en una hora ($mg\ CO_2 * Kg^{-1}\ h^{-1}$) (Kader 2007).

El denominado período de respiración climatérica es una fase de transición entre la maduración y la senescencia (Reina 1999). En el caso de la papaya, Kader (2002) señala valores para la tasa de respiración entre $15\ mL.kg^{-1}.h^{-1}$ de CO_2 para papayas verdes hawaianas y $35\ mL.kg^{-1}.h^{-1}$ de CO_2 para papayas maduras mantenidas a $20\ ^\circ C$.

2.2.4 La transpiración

El efecto de la transpiración es consecuencia de un déficit de presión de vapor (DPV), originada por una diferencia entre la presión del producto y la del aire que los rodea, la cual puede determinarse por la siguiente relación (Ecuación 1):

$$DPV = (100 - HR) * \frac{P_v}{100} \quad (1)$$

Donde: HR es la humedad relativa y Pv es la presión de vapor.

El agua es el principal componente de las frutas y hortalizas y se encuentra en dos formas, como agua ligada y como agua libre. El producto cosechado está constantemente expuesto a la pérdida de agua debido a la transpiración y a otros fenómenos fisiológicos.

La transpiración se explica como la pérdida de agua en estado de vapor a través del área de la fruta expuesta al aire. A través de este proceso se presenta una reducción de peso y pérdida de turgencia del vegetal, afectándose su calidad y su valor comercial como producto fresco. La transpiración como proceso puede variar dependiendo de la especie, el tipo de tejido, la relación área volumen, el estado de sanidad e integridad del fruto, la temperatura, el caudal de aire y la humedad relativa circundante (CORPOICA 2001).

2.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS FRUTAS

Los factores cosecha y postcosecha determinan la calidad de las frutas y hortalizas, su calidad sensorial, nutricional, comercial, índices de madurez, color, forma, densidad aparente, acidez, pH, azúcares expresados como sólidos solubles totales, metabolitos, pérdida de peso y características texturales como la firmeza (Mejía 2013).

2.3.1 El color

Esta característica es el principal indicador del índice de madurez, constituye una medida rápida, pero debe ser complementada por los demás análisis fisicoquímicos. Para medir el color de los alimentos, se utiliza el método Hunter lab, también denominado Lab; donde L^* es la luminosidad o claridad y representa si un color es oscuro, gris o claro, su variación va desde cero para un negro hasta 100 para un blanco. Las coordenadas cromáticas a^* y b^* forman un plano perpendicular a L^* . La coordenada a^* corresponde a rojo si $a^* > 0$, o

a verde si $a^* < 0$. La coordenada b^* corresponde al amarillo si $b^* > 0$, y al azul si $b^* < 0$. Estas medidas demarcan las coordenadas de color para cualquier alimento (Bernal y Díaz 2003). El espacio Cielab se basa en la respuesta de los observadores patrones (estándares) a un estímulo luminoso, es decir, trata de imitar la respuesta humana promedio a las longitudes de onda de la luz y cómo una persona promedio ve el color a través del espectro visible. Este modelo ha sido muy utilizado para el control de calidad de otros productos en la industria de textiles, de pinturas, de alimentos y en otras frutas y hortalizas, debido a la facilidad para diferenciar el color de la muestra con el color patrón o estándar. Por consiguiente el espacio de color es un sistema coordinado cartesiano definido por tres coordenadas rectangulares (L^* , a^* , b^*) de magnitudes adimensionales. Un espacio de color similar a CIE $L^*a^*b^*$ es el CIE $L^*C^*h^\circ$, que de modo distinto usa coordenadas cilíndricas en lugar de coordenadas rectangulares. El valor de luminosidad L^* es el mismo, las coordenadas ángulo de tonalidad (h°) y croma (C^*) se definen al usar las Ecuaciones 2 y 3 (Carvajal *et al.* 2011).

La tonalidad del ángulo h° (Hue) se calcula con los valores a y b :

$$Hue = ArcTan \left(\frac{b}{a} \right) \quad (2)$$

El croma que indica la intensidad o saturación de color, se calcula mediante la Ecuación 3:

$$C = (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Los espectrofotómetros miden la reflectancia (%) a varios intervalos de longitudes de onda en el espectro visible (400 a 700 nm) para determinar la curva espectral o “huella digital”

del color (Carvajal *et al.* 2011). En Colombia el ICONTEC establece que el color es un indicador para establecer el índice de madurez de las frutas, relacionado con el nivel de sólidos solubles totales. Estas Normas Técnicas Colombianas (NTC) son la NTC 4086, NTC 4102 y NTC 4103.

2.4 PROPIEDADES NUTRACEÚTICAS

La capacidad nutraceutica de una fruta está determinada por componentes importantes para la salud como las vitaminas, flavonoides, antocianinas y compuestos fenólicos. Estos componentes son capaces de eliminar los radicales libres y reducir el estrés oxidativo de las biomoléculas, además pueden incidir positivamente en prevención de enfermedades como las de origen coronario o varios tipos de cáncer. Estos compuestos antioxidantes naturales son de mucha importancia para la industria farmacéutica, cosmetológica y la industria de alimentos, donde reemplazan los antioxidantes sintéticos de las preparaciones (Morazina *et al.* 2011).

2.4.1 Importancia de los fitoquímicos presentes en los vegetales

2.4.1.1 Polifenoles. Los polifenoles son antioxidantes compuestos por flavonoides, estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y los fenoles ácidos (ácido cinámico, ácido cumárico, ácido cafeico, ácido ferulico). Entre las plantas con mayor contenido de polifenoles se encuentran el cacao (*Theobroma cacao*), la uva (*Vitis vinifera*), el té (*Camelia sinensis*), la manzana (*Malus domestica*) y diversas bayas. Los fenoles se distribuyen en muchos vegetales como la curcumina en la mostaza, el ácido ferulico y clorogénico en el café y la soya, los polifenoles presentes en el vino rojo y el arroz, que tienen en su conjunto propiedades importantes en la destoxicación de metabolitos y

prevención de enfermedades (Drago *et al.* 2006). Los polifenoles se caracterizan por la presencia de uno o más anillos tipo benceno y se relacionan con sabores, colores, palatabilidad y nutrición del alimento que los contiene. El efecto antioxidante de los polifenoles es proteger al organismo de los radicales libres dañinos (Padilla *et al.* 2008). En la Tabla 1 se puede observar las sustancias nutraceuticas presentes en las frutas y hortalizas. En las frutas se encuentran sustancias antioxidantes como la vitamina E, la vitamina C, los carotenos, flavonoides, fenoles, minerales, fibra dietética, glucosinolatos, índoles, terpenoides, fito esteroides, inhibidores de proteinasas y compuestos derivados del azufre. Estos componentes exhiben efectos biológicos benéficos para el organismo humano (Fuentes 2003).

2.4.1.2 Flavonoides. Los flavonoides son los polifenoles más abundantes en los vegetales, son compuestos de bajo peso molecular que poseen estructuras hidroxiladas en sus anillos aromáticos. Existen varios grupos de flavonoides como las flavonas, flavanonas, isoflavonas, antocianidinas y flavanoles. Los flavanoles se encuentran en alimentos como el té y en bebidas como el vino, la quercetina es el más importante (Aguilera *et al.* 2011).

2.4.1.3 Carotenoides. Los carotenoides son compuestos de gran importancia como antioxidantes, son liposolubles y se han identificado más de 60 clases diferentes, se clasifican en formas estructurales designadas como α -caroteno y β -caroteno, seguidas por δ y ϵ caroteno. Son precursores de la vitamina A y su consumo se asocia a beneficios contra enfermedades degenerativas. Actúan como antioxidantes al proteger la oxidación

de lípidos. Se encuentran en las frutas cítricas, papaya, batata, zapallo, zanahorias, mango, melón, calabaza, ahuyama, entre otros (Mancera 2010).

Tabla 1. Clasificación de sustancias nutraceuticas presentes en frutas y hortalizas.

CATEGORÍA		SUBCLASE	COLOR	ESPECIE
TERPENOS	Carotenoides	Carotenos	Responsables del color naranja	Zanahorias, calabazas
			Rojo por el licopeno	Tomate , col, pimenton, rábano
		Xantofilas	Responsables del color amarillo, verde por la luteina y la zeaxantina	Espinacas, aguacate, lechuga
	Limonoides	d-limoneno, pineno,		Eucalipto
FENOLES	Flavonoides	Flavonas e isoflavonas: genisteina y daidzeina	Responsables del color naranja claro	Melocotón, papaya, naranja
		Antocianidinas	Azul-morado	Cebollas , repollo, zanahoria, berenjena
		Flavanales como catequinas y ácidos gálicos		Té verde, guaraná, cacao
TIOLES	Glucosinolatos	Incluyen los isocianatos y el sulforafano	Responsables del color verde	Brocoli, coliflor
	Sulfidos alílicos		Responsables del color blanco	Ajos, cebollas puerros
	Indoles			Col, brócoli, coliflor, rábanos

Fuente: Barragán (2011).

Los carotenoides además de ser precursores de la vitamina A no son tóxicos y presentan actividad antioxidante, son sensibles a la luz y el O₂, imparten coloraciones amarillas y rojas en las plantas y están ligados a la prevención de enfermedades (Moreno 2003).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto de investigación se desarrolló en las instalaciones de Laboratorio del Grupo de Investigación GIPAVE de la Universidad de Córdoba con sede en el corregimiento de Berástegui, municipio de Ciénaga de Oro, departamento de Córdoba, Colombia; con una temperatura promedio de 27 °C, humedad relativa 80% y 20 m.s.n.m, situado geográficamente en las coordenadas 8°40'26" de latitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich.

3.2 PROCEDIMIENTOS

3.2.1 Recolección de las muestras

La papaya que produce APPALSI es el híbrido Tainung F1, 60% hermafrodita y 40% de fruta femenina. El peso osciló entre 600 a 1.500 gramos por fruta, de coloración roja anaranjada, con apariencia externa lisa y brillante. Las frutas hermafroditas son de apariencia elongada. El inicio de la cosecha se produce 7 meses después del trasplante, con una duración de 10 meses en total. El centro de acopio de los cultivadores se encuentra en el municipio de Valencia, donde se reciben las frutas. Se cosecharon frutas de papaya Tainung F1 (hermafrodita tipo exportación), sin daños, golpes o pudriciones de

tamaños definidos y peso promedio definido (Ver Anexo A); producidos por la asociación APPALSI. Las muestras fueron escogidas al azar entre los contenedores del sitio de acopio donde se recogen todas las frutas de los diferentes cultivadores asociados, lo cual asegura la casualidad en el muestreo.

3.3 VARIABLES DE MEDICIÓN

3.3.1 Variables dependientes

- Tasa de respiración
- Pérdida fisiológica de peso
- Medida de color superficial en cáscara
- Medida de color en pulpa
- Concentración de sólidos solubles totales (SST)
- Acidez (% de ácido cítrico)
- pH
- Concentración de vitamina C
- Concentración de fenoles totales

3.3.2 Variables independientes

- Grado de madurez (coloración externa)

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.4.1 Caracterización fisiológica de las frutas de papaya Tainung F1 mediante la valoración de la tasa de respiración y pérdida fisiológica de peso

Se determinaron las características fisiológicas de los frutos de papaya Tainung F1 en cinco grados de madurez. Se tuvo en cuenta las recomendaciones de Gallego *et al.* (2003) y Umaña *et al.* (2011); y se tomó 5 frutos por cada grado de madurez, para la valoración

de la tasa de respiración y 10 frutos para la medición de pérdida fisiológica de peso, de acuerdo a los autores se debe tomar al menos 4 repeticiones para los análisis. Para los datos recolectados se determinó el promedio y la desviación estándar.

El análisis de los datos se realizó mediante el procedimiento de análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Los métodos a utilizados se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Métodos utilizados para la caracterización fisiológica de las frutas de papaya Tainung F1.

CARACTERÍSTICAS	MÉTODOS
Tasa de respiración	Se realizó por el método de respirometría descrito por Mejía (2013).
Pérdida fisiológica de peso	Se registró el peso de la fruta cada 24 horas durante 10 días en almacenamiento a temperatura promedio de 27,4 °C con 87% HR y almacenamiento a temperatura promedio de 10,3 °C con 85% HR.

3.4.2 Determinación de las características fisicoquímicas de la papaya Tainung F1

Se determinó las características fisicoquímicas de los frutos de papaya Tainung F1, sólidos solubles totales (SST), acidez (% ácido cítrico) y pH. Se tomó 10 frutos por cada grado de madurez respecto al color externo, como se observa en la Figura 1. Además se midió el peso, color externo en cáscara e interno en pulpa. Una vez obtenidas las diferentes variables, se efectuó un análisis descriptivo, en el cual, se determinó el promedio y la desviación estándar y se aplicó la prueba de correlaciones de Pearson con la finalidad de observar las relaciones proporcionales. Del mismo modo se realizó una prueba de regresión múltiple entre el grado de madurez y las coordenadas de color en cáscara y en

pulpa. Los métodos utilizados se pueden observar en el Cuadro 3, la metodología descrita es referenciada por Márquez (2009).



Figura 1. Grado de maduración en papaya Tainung F1 cultivada por la asociación APPALSI en los municipios de Valencia y Tierralta – Córdoba.

3.4.3 Evaluación de las propiedades nutraceuticas, vitamina C y capacidad antioxidante

Todos los experimentos para la evaluación de las propiedades nutraceuticas se realizaron por quintuplicado para cada grado de madurez. Con los datos obtenidos se determinó la relación entre dichas propiedades con el grado de madurez a un nivel de significancia del 95% ($p \leq 0,05$). Los métodos empleados se pueden observar en el Cuadro 4.

Cuadro 3. Métodos empleados para la determinación de las características fisicoquímicas de la papaya Tainung F1.

CARACTERÍSTICAS	MÉTODOS
Determinación de pH	El método 973.41/90 de la A.O.A.C. descrito por Bernal (1993)
Determinación de acidez expresada como ácido cítrico (%)	Método 973.41/90 de la A.O.A.C. descrito por Bernal (1993)
Medida de color superficial en cáscara y en pulpa	Se utilizó un colorímetro Hunter – LAB, a partir de los espectros de reflexión se obtuvieron las coordenadas de color del Hunter $L^*a^*b^*$, donde L^* es un indicador de la luminosidad, a^* representa la cromaticidad (verde (-) a rojo (+)) y b^* representa la cromaticidad azul (-) a amarillo (+). A cada muestra se le realizó tres medidas ecuatoriales en la cáscara y se expresó como promedio aritmético. A partir de los parámetros anteriores se determinó también los dos matices cromáticos que son el ángulo de tono (h°) y el croma (C^*); además del parámetro índice de color (IC).
Sólidos solubles totales (SST)	Se realizó por el método refractométrico, y se expresó los resultados como sólidos solubles totales (SST). Método 932.12/90 de la A.O.A.C. (Barrera <i>et al.</i> 2010).

Cuadro 4. Métodos empleados para la caracterización nutracéutica de la papaya Tainung F1.

CARACTERÍSTICA	MÉTODO
Determinación de fenoles totales y actividad antioxidante	Se realizó por medición del Índice de Folin-Ciocalteu, método AOAC 9.111-9.112.
Determinación de vitamina C	Se determinó por el método de titulación AOAC, 967.21 y por el método colorimétrico de la 2 Nitroanilina estandarizado en el Departamento de Química, Universidad Nacional, Bogotá.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE LAS FRUTAS DE PAPAYA TAINUNG F1

4.1.1 Valoración de la tasa de respiración

La Figura 2 describe el comportamiento de la tasa de respiración expresada en $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ de CO_2 para los frutos de papaya Tainung F1 con diferentes grados de madurez.

El análisis de varianza al 95% de confianza de los datos que se muestra en el Anexo B, mostró la incidencia estadísticamente significativa del grado de madurez en la tasa de respiración de la papaya Tainung F1. En consecuencia se encontraron diferencias significativas entre la tasa de respiración para todos los grados de madurez, al aplicar la prueba de Tukey al 95 % de confianza. No existe una relación lineal directa entre el grado de madurez y la intensidad respiratoria que además, resultó mayor en las frutas no refrigeradas.

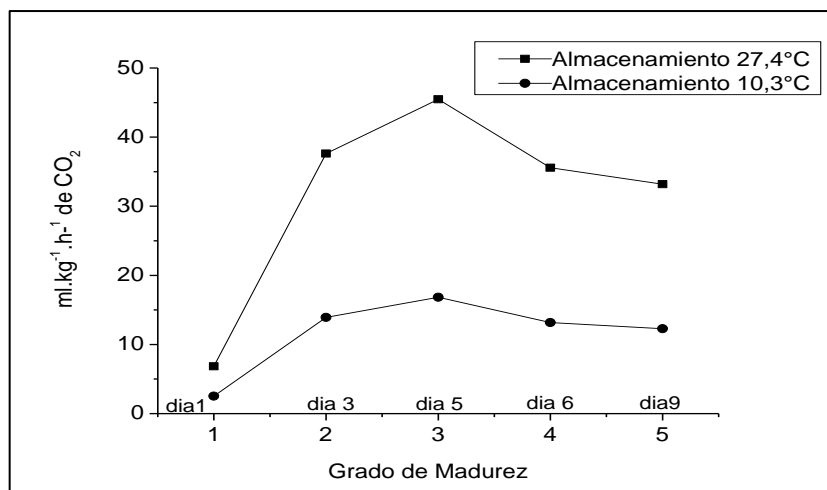


Figura 2. Tasa de respiración de frutas de papaya Tainung F1 con diferentes grados de madurez evaluada en diferentes condiciones de temperatura de almacenamiento, 27,4 °C - 87% HR y 10,3 °C.- 85% HR. Los días representan el tiempo necesario para alcanzar el grado de madurez respectivo a 27,4 °C.

De acuerdo a la Figura 2, a temperatura promedio de 27,4 °C la respiración muestra un primer periodo de incremento continuo hasta el día 5 de postcosecha que representa el grado 3 de madurez, con un valor máximo de 45,47 mL•kg⁻¹•h⁻¹ de CO₂. Se puede apreciar como la actividad respiratoria aumenta con el tiempo de cosecha en relación al grado de madurez y presenta un comportamiento climatérico monofásico tipo sigmoidal simple. Este comportamiento es apreciable en otros frutos climatéricos que siguen un patrón similar de la tasa respiratoria durante el desarrollo, maduración y senescencia. El comportamiento descrito indica que las frutas de papaya Tainung F1 deben mantenerse entre el grado 1 y 2 de madurez para evitar el rápido deterioro y senescencia al ser comercializadas. Como lo señalan Trujillo y Suárez (2010), también debe tenerse en cuenta evitar el almacenamiento de frutas en avanzado estado de maduración y frutas que

posean daños físicos considerables con frutas en estados de madurez fisiológica, puesto que se eleva la tasa de respiración.

El descenso de la tasa de respiración se presentó hasta la sobremaduración desde el día 6 (grado madurez 4) en adelante en forma inversamente proporcional al tiempo postcosecha. Para la temperatura promedio de 10,3 °C, la respiración muestra un periodo de incremento hasta el grado 3 de madurez, con un valor máximo de 16,84 mL*kg⁻¹*h⁻¹ de CO₂. Para esta temperatura se registraron los valores más bajos de la tasa de respiración en comparación a la temperatura de 27,4 °C, en todos los grados de madurez. Zhou *et al.* (2014) reportan valores promedio de 15 - 22 mL*kg⁻¹*h⁻¹ de CO₂ para papaya variedad Hawaiana a temperaturas de 15 °C y de 70 mL*kg⁻¹*h⁻¹ de CO₂ para estado de madurez 5. Paull *et al.* (1997) indican valores parecidos para papaya variedad Solo, Sañudo *et al.* (2008) encontraron valores de 23 mL*kg⁻¹*h⁻¹ de CO₂ como valor máximo para la tasa de respiración en papaya variedad Maradol a 20 °C. Bron y Jacomino (2006) señalan valores 37 mL*kg⁻¹*h⁻¹ de CO₂ como valor máximo a 23 °C para papaya variedad Solo, valores que decrecen luego del día 4 correspondiente al grado de madurez 3. Arpaia y Kader (2013), mencionan valores para la tasa de respiración de 15 mL*kg⁻¹*h⁻¹ de CO₂ para papayas verdes Hawaianas y 35 mL*kg⁻¹*h⁻¹ de CO₂ para papayas maduras mantenidas a 20 °C. Umaña *et al.* (2011), refieren valores de 27,58 mL*kg⁻¹*h⁻¹ de CO₂ para papaya híbrido Poccoci, en grado de madurez 3 a 22 °C y 85% de humedad relativa.

De acuerdo a los resultados expresados para la tasa de respiración, se observó la incidencia de la temperatura como factor que regula el proceso, como lo señala Victoria-Escamilla *et al.* (2013) quienes refieren también la incidencia de los daños físicos como un acelerador respiratorio en la fruta. Durante el proceso respiratorio de las frutas de papaya

Tainung F1 ocurre una producción de energía a causa de las degradaciones de azúcares y otros metabolitos que no pueden ser reemplazados (Kader 1992; Tano *et al.* 1998). Los valores máximos alcanzados en la tasa respiratoria pueden explicarse por el incremento de la degradación de almidones y la modificación de la pared celular en la fruta (Pérez y Carpita 2006).

En relación a los resultados de tasa de respiración encontrados para la papaya Tainung F1, es posible establecer condiciones de almacenamiento y procesos de maduración controlada en las plantas refrigeradas de APPALSI. En este sentido, la tasa respiratoria encontrada para la temperatura de 27,4 °C permite clasificar a la fruta de papaya Tainung F1 dentro del rango de alta capacidad respiratoria. Es recomendable por ende el almacenamiento refrigerado entre 1 y 3 °C o inclusive entre 7 y 10 °C, con atmósferas modificadas que contengan en promedio 8% de CO₂ y 3% de O₂ con humedad relativa de 90 – 95%, en base a las recomendaciones descritas por Zhou *et al.* (2004).

4.1.2 Pérdida fisiológica de peso

El comportamiento de la pérdida fisiológica de peso expresada en porcentaje para las frutas de papaya Tainung F1 almacenadas a 27,4 °C y 87% de HR varió desde 3,6% a 7,4%, mientras que los frutos almacenados a 10,3 °C y 85% HR presentaron una variación menor, comprendida entre 0,8% y 1,1% como puede apreciarse en la Figura 3.

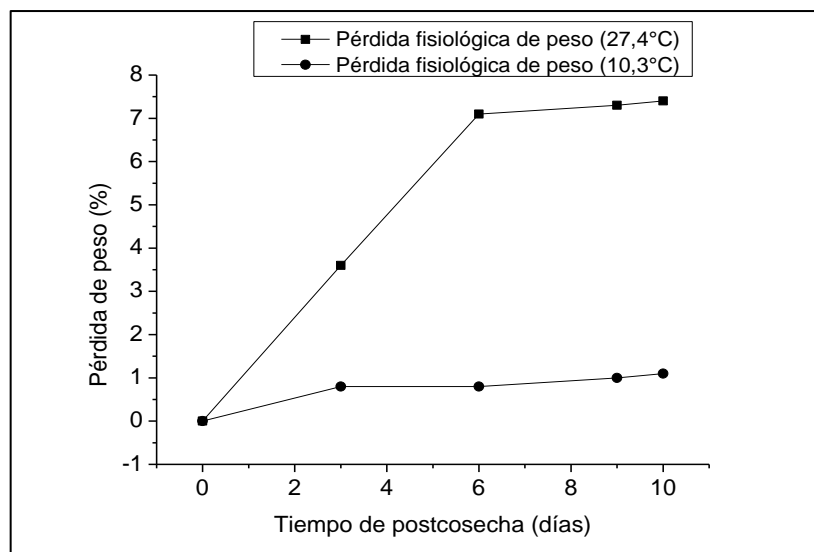


Figura 3. Pérdida de peso de la papaya Tainung F1 en función del tiempo de almacenamiento a 27,4 °C y 10,3 °C.

Ambos resultados muestran una variación en la pérdida de peso, incrementándose a medida que el tiempo de almacenamiento se hace mayor. Resultados similares han sido reportados para papaya y otros frutos por Quila (2003) y Zebadua *et al.* (2007). La pérdida de peso obedece a la transpiración por efecto de la transferencia de masa en función del gradiente de humedad, el área de la fruta, la temperatura y la humedad relativa. La pérdida de agua libre no solo genera pérdida de peso vendible sino que afecta al mismo tiempo el aspecto de la fruta, su brillo, turgencia, textura y valor nutricional (Gómez *et al.* 2002).

La pérdida de peso superior al 5% es suficiente para el deterioro de la calidad de las frutas de papaya Tainung F1 y es un factor que depende o está ligado a la negligencia de las cadenas de comercialización (Cenci *et al.* 2002). Los daños mecánicos también influyen en la pérdida de peso, al averiarse las barreras que impiden la pérdida de agua en la pared celular (Bryant 2004; Godoy *et al.* 2010). En estudios de pérdida de peso para papaya de variedades diferentes realizados por Almeida *et al.* (2011), se reportan porcentajes de 14%

almacenadas a 25 ± 2 °C y de 4% para papayas almacenadas a 8 ± 2 °C. La papaya Tainung F1 crece significativamente desde la floración hasta los 5 meses donde empieza el periodo productivo de la planta. La planta requiere mucha agua en todos los estadios de desarrollo y se debe asegurar un 60% de fracción de agua útil para que las frutas no pierdan rendimiento. El análisis de varianza no paramétrica al 95% de confianza que se muestra en el Anexo C, demuestra la incidencia altamente significativa de los días de almacenamiento y de la temperatura de almacenamiento en el comportamiento de la variable pérdida de peso. Bajo las condiciones de manejo en postcosecha se pueden presentar pérdidas de aproximadamente el 40%, hecho que propicia una corta vida de anaquel debido a la alta tasa respiratoria (García *et al.* 2011).

Los estudios de calidad realizados por Osuna *et al.* (2005) en papaya Maradol destacan valores de pérdida de peso alrededor del 15% en término de 9 días. Como lo menciona Forero *et al.* (2014), el desequilibrio entre la humedad de la fruta y la humedad del ambiente genera un fenómeno en el cual se transfiere la humedad de la fruta al ambiente para equilibrar la humedad del sistema. Una vez cosechadas la mayoría de las frutas poseen contenidos de agua entre 80% y 95% y disminuye a causa de la transpiración, lo que representa una pérdida de calidad al estar expuestas al aire del almacén que posee una humedad relativa más baja que la cantidad de agua en la pulpa. Las bajas temperaturas favorecen el mantenimiento del peso de la fruta por un tiempo mayor, aun así, se debe tener en cuenta que la papaya en general y sin excepción la papaya Tainung F1 puede mantenerse entre los 1 – 10 °C según la logística de la planta de almacenamiento. De acuerdo a los resultados obtenidos el rango de 7 a 10 °C es adecuado y se debe evitar la exposición a temperaturas no referenciadas para evitar detrimento de la calidad por daños

a causa del frío o deshidratación acelerada como lo expresan Macrae *et al.* (1993) y Angueira *et al.* (2003). La papaya Tainung F1 luego de la cosecha puede almacenarse a las temperaturas descritas en el estudio, por periodos de hasta 15 días. Además en la práctica se sumergen los frutos en agua a 50 °C durante unos 20 minutos para evitar contaminación con esporas del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*. En estas condiciones las frutas de papaya Tainung F1 pueden embarcarse en contenedores por periodos de hasta 25 días. Otras tecnologías emergentes como la irradiación gamma a 75 Krad también pueden resultar efectivas (Lobo 1995; Mercado *et al.* 2014).

4.2 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS EN LA CÁSCARA Y LA PULPA DE LA PAPAYA TAINUNG F1

Los resultados de las pruebas fisicoquímicas para calcular la acidez (% ácido cítrico), pH y sólidos solubles totales (SST), se muestran en la Tabla 3, con sus respectivos promedios y desviaciones estándar (Desvest).

Tabla 3. Variables fisicoquímicas medidas en pulpa de papaya Tainung F1.

Grado de madurez	Acidez (%)		SST		Ph	
	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest
1	0,0163	0,002	10,2000	0,08	5,5340	0,03
2	0,0199	0,004	10,9700	0,31	5,4940	0,15
3	0,0109	0,004	11,4776	0,44	5,3010	0,10
4	0,0443	0,01	11,5276	0,34	5,2940	0,04
5	0,0360	0,01	11,5676	0,23	5,2932	0,05

En la Tabla 4 se muestra la prueba de correlaciones de Pearson, análisis que determinó la existencia de una relación directamente proporcional y significativa entre el grado de madurez con los sólidos solubles totales, la acidez (%), la coordenada a* y la coordenada

b*. Así mismo se determinó una relación inversamente proporcional y significativa entre el grado de madurez con la coordenada L* y el pH.

Tabla 4. Correlaciones de Pearson para las variables fisicoquímicas y valores de las coordenadas Cielab en pulpa de frutas de papaya Tainung F1.

	Grado Madurez	pH	SST	Acidez (%)
Grado Madurez	1			
pH	-0,69**	1		
SST (°Brix)	0,89**	-0,77**	1	
Acidez (%)	0,53**	-0,2ns	0,24ns	1
a*	0,91**	-0,76**	0,96**	0,24ns
b*	0,87**	-0,68**	0,86**	0,24ns
L*	-0,83**	0,64**	-0,80**	-0,31*

•,•• Diferencias significativas y altamente significativas ($p < 0,05$), ns: no hay diferencias estadísticas.

En la Figura 4, se muestran las variaciones de la acidez (%), los sólidos solubles totales y el pH.

Respecto a los valores obtenidos para la acidez (%), se evidenció un nivel bajo respecto a otras frutas tropicales como la banana que registra valores de 0,5%, la guanábana 0,5% y la guayaba 0,5% (Ramírez et al. 2005; Campuzano et al. 2010; Arrázola et al. 2013). En consecuencia, la baja acidez que posee la papaya Tainung F1, permite clasificarla como alimento de sabor suave donde predominan los azúcares para aportar el dulzor característico durante los estadios de madurez avanzada.

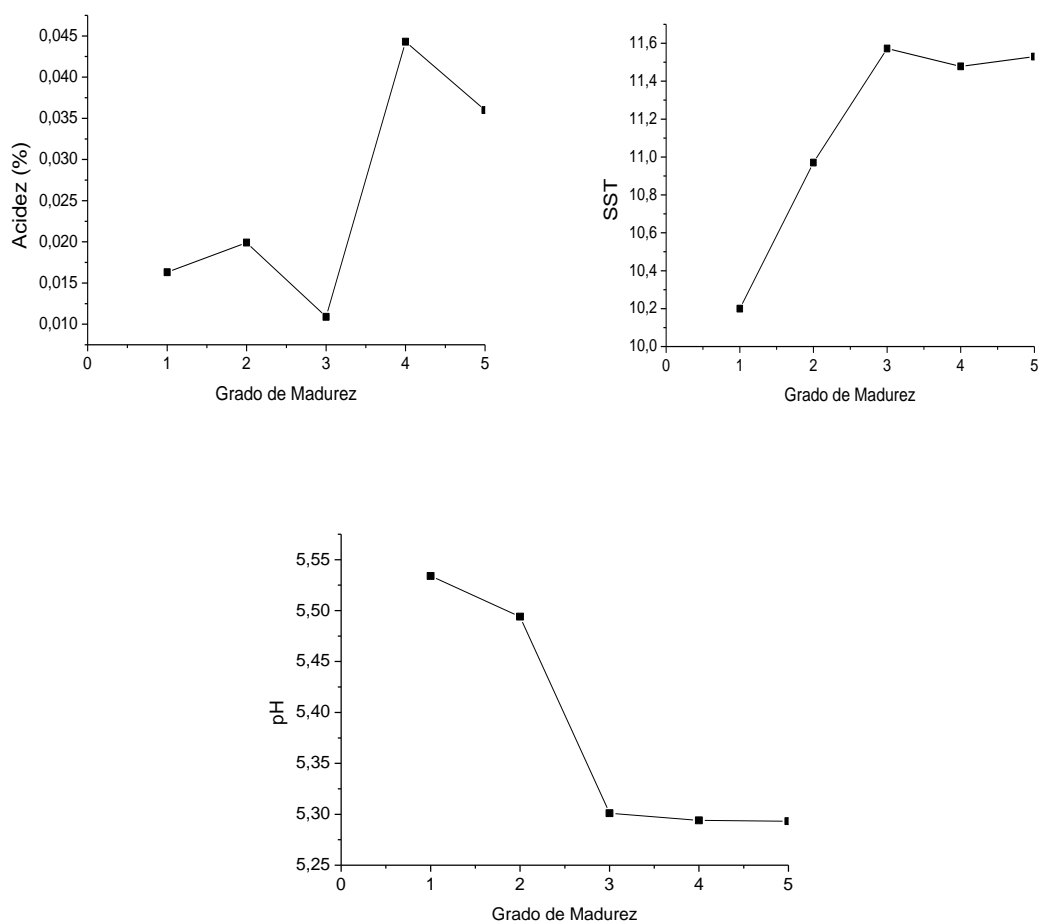


Figura 4. Análisis fisicoquímicos de los frutos de papaya Tainung F1.

El porcentaje de acidez, es bajo en los grados de madurez inferiores y luego presenta un aumento. Este comportamiento también fue evidenciado por Costa y Balbino (2002); quienes afirman que el aumento en la acidez se puede relacionar con la producción de ácido galacturónico al degradarse la pared celular, por acción de la pectinmetilestearasa, así como la concentración de ácidos orgánicos en la pulpa (Pinto *et al.* 2006; Amaya *et al.* 2010). Este comportamiento también se observa en variedades de papaya como la Maradol con valores de acidez de 0,06 en estado de madurez 1 que aumenta a 0,10 en

estado de madurez 4. La tasa de respiración de la fruta es un factor que incide directamente en los cambios de la acidez (Sañudo *et al.* 2008).

En relación al pH se observó una correlación negativa con el grado de madurez y una correlación negativa pero débil con el porcentaje de acidez. Este comportamiento puede relacionarse con el contenido de agua de la papaya, el cual puede influir en la disolución de los ácidos presentes en la pulpa. El pH de la papaya Tainung F1 no difiere de los niveles definidos para papayas de la variedad Tailandia y la variedad Maradol que han sido reportadas con valores entre 4,7 y 5,8 (Belandria *et al.* 2010). En estudios similares Fonseca *et al.* (2003) anuncian el mismo comportamiento para el pH, en papayas de variedad Golden y Solo.

El contenido de sólidos solubles totales en la papaya Tainung F1 presentó un valor promedio de 11,53 en el grado 5 de madurez, este resultado se puede comparar con otras referencias como la variedad Siluet que marca valores de 12,4 y la variedad Sensation con 11,7 referenciadas por Alonso *et al.* (2008) y Santamaría *et al.* (2015), respectivo a los resultados obtenidos, se destaca que los sólidos solubles totales producen un dulzor mayor en las frutas de papaya Tainung F1 para grados de madurez superiores, esta cualidad resalta la característica apetecible la pulpa y permite su aprovechamiento en procesos agroindustriales. El predominio de azúcares reductores en papaya también ha sido referenciado por Torija *et al.* (1998) y Santana *et al.* (2003). Los resultados de la prueba de correlación de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos y las coordenadas del modelo Cielab medidas en la cáscara de la papaya Tainung F1 se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Correlaciones de Pearson para las variables fisicoquímicas y valores de las coordenadas Cielab en cáscara de los frutos de papaya Tainung F1.

	Grado madurez	pH	SST	Acidez (%)
Grado madurez	1			
pH	-0,71**	1		
SST (°Brix)	0,91**	-0,74**	1	
Acidez (%)	0,38•	-0,07ns	0,03ns	1
a*	0,43**	-0,27ns	0,37**	0,28ns
b*	0,93**	-0,60**	0,84**	0,49•
L*	0,86**	-0,62**	0,90**	0,15 ns

•, ** Diferencias significativas y altamente significativas ($p < 0,05$), ns: no hay diferencias estadísticas.

Existe una correlación significativa entre el grado de madurez, el pH, los SST y la acidez (%). Así como una correlación altamente significativa entre el grado de madurez y las coordenadas de color a^* , b^* y L^* . Los signos negativos representan relaciones inversamente proporcionales. En la Tabla 6, se pueden observar los datos de ajuste para la regresión múltiple aplicado a los datos de color en pulpa para la papaya Tainung F1. El modelo de regresión obtenido está representado por la Ecuación 4:

$$\text{Grado Madurez} = -132,822 + 6,09798 \cdot a + 7,73564 \cdot b + 0,563108 \cdot L - 9,72357 \cdot C + 1,18646 \cdot h^\circ + 2,60489 \cdot IC \quad (4)$$

El coeficiente de determinación R^2 resultó en 96,4%, todos los parámetros resultaron significativos. El test estadístico de Durbin-Watson utilizado para determinar la correlación de los datos del modelo mediante el análisis de los residuales, arrojó un valor de 1,8277 ($p=0,1733$), resultado que representa la independencia de los residuos a un nivel de confianza de 95%. En la Tabla 7, se pueden observar los datos de ajuste para la

regresión múltiple aplicado a los datos de color en cáscara para la papaya Tainung F1. El modelo de regresión obtenido está representado por la Ecuación 5:

$$\text{Grado Madurez} = -2,47676 - 0,0354046 \cdot a + 0,0853559 \cdot b + 0,0541517 \cdot L \quad (5)$$

Tabla 6. Análisis de regresión múltiple para correlacionar el grado de madurez con los parámetros del modelo cromático Cielab medidos en la pulpa de la papaya Tainung F1.

Parámetros	Estimados	Error	Estadístico	p-valor	
Constantes	-132,8220	27,0976	-4,9016	0,0001	
a*	6,0980	1,1314	5,3898	0,0002	
b*	7,7356	1,7069	4,5320	0,0002	
L*	0,5631	0,2330	2,4166	0,0200	
C*	-9,72357	1,92116	-5,0613	0,0001	
h°	1,18646	0,306704	3,8684	0,0004	
IC	2,60489	0,820693	3,17401	0,0028	
Fuente	Suma de Cuadrados	Df	Cuadrados Medios	F	p-valor
Modelo	96,4014	6	16,0669	191,98	0,001
Residual	3,5986	43	0,0836884		
Total (Corr.)	100	49			

Tabla 7. Análisis de regresión múltiple para correlacionar el grado de madurez con los parámetros del modelo cromático Cielab medidos en cáscara de la papaya Tainung F1.

Parámetro	Valor estimado	Error Estándar	Estadístico T	P-Valor	
Constante	-2,47676	0,68785	-3,60071	0,0009	
a*	- 0,03540	0,01008	-3,51067	0,0012	
b*	0,08535	0,01067	7,99616	0,0001	
L*	0,05415	0,02170	2,49447	0,0173	
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P-Valor
Modelo	45,723	3	15,241	128,30	0,0001
Residuales	4,276	36	0,1187		
Total (Corr.)	50	39			

El coeficiente de determinación de la ecuación 5, R^2 presentó un valor de 91,44%, todos los parámetros resultaron significativos. El test estadístico de Durbin-Watson utilizado para determinar la correlación de los datos del modelo mediante el análisis de los residuales, arrojó un valor de 2,0083, con un respectivo valor p de 0,4259, resultado que demuestra la independencia de los residuos a un nivel de confianza de 95%.

El análisis estadístico demostró incidencia significativa del grado de madurez en los parámetros de color, como puede observarse en el Anexo D. En los Cuadros 5 y 6, se muestran los datos de coordenadas de color del modelo Cielab medidos en cáscara y pulpa respectivamente para la papaya Tainung F1.

Cuadro 5. Datos obtenidos para el modelo cromático Cielab medidos en la cáscara de papaya Tainung.

Grado de madurez	a*		b*		L*	
	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest
1	-8,66	0,24	18,31	0,13	34,64	0,26
2	-9,42	0,13	23,39	0,22	39,26	0,14
3	-2,22	0,12	33,78	0,30	48,92	0,12
4	7,89	0,16	46,85	0,20	46,74	0,30
5	17,72	0,12	58,82	0,22	60,28	0,15
Grado de madurez	C*		h°		IC	
	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest
1	20,25	0,12	115,30	0,69	-13,65	0,44
2	25,22	0,17	111,90	0,44	-10,26	0,26
3	33,85	0,29	93,80	0,22	-1,34	0,08
4	47,51	0,22	80,40	0,15	3,60	0,04
5	61,43	0,23	73,20	0,11	5,00	0,03

Cuadro 6. Datos obtenidos para el modelo cromático Cielab medidos en pulpa de papaya Tainung F1.

Grado de madurez	a*		b*		L*	
	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest
1	19,96	0,26	30,36	0,43	66,45	0,72
2	24,83	0,38	28,83	0,29	53,89	0,69
3	33,37	0,37	34,91	0,19	52,13	0,37
4	31,74	0,88	39,01	0,15	52,01	0,59
5	34,61	1,23	38,61	1,24	51,42	1,35
Grado de madurez	C*		h°		IC	
	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest
1	36,16	0,21	56,68	0,60	9,75	0,36
2	37,45	0,33	49,26	0,66	15,31	0,37
3	48,29	0,33	46,28	0,39	18,35	0,41
4	49,54	0,63	50,86	1,01	14,05	0,91
5	51,86	0,43	48,13	1,03	17,48	0,97

En referencia al color, la luminosidad de la cáscara se incrementó durante la maduración. Las frutas verdes presentan un valor promedio L* de $34,64 \pm 0,26$ incrementándose a $60,28 \pm 0,15$ en la madurez de consumo (Figura 5). En contraste los valores de L* en la pulpa decrecieron desde un promedio de $66,45 \pm 0,72$ en las frutas verdes (grado madurez 1) hasta $51,41 \pm 1,35$ en los grados de madurez de consumo (grado madurez 5). Los componentes del color a*, b*, así como el ángulo de tono (h°) y el croma (C*), presentan cambios notables. En la cáscara las coordenadas a* y b* presentan un ascenso desde $-8,65 \pm 0,24$ hasta $17,71 \pm 0,12$ y $18,31 \pm 0,13$ hasta $58,81 \pm 0,22$ respectivamente en el transcurso de 9 días para las frutas almacenadas a $27,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, correspondiente al cambio entre grado de madurez 1 hasta el grado de madurez 5.

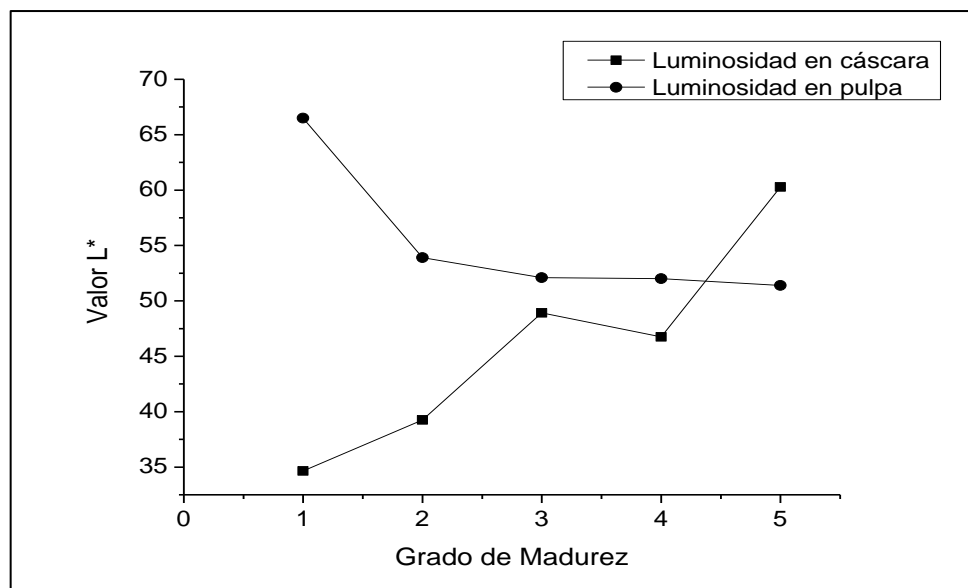


Figura 5. Componentes del color de cáscara y pulpa durante la maduración de frutos de papaya Tainung F1. Valores L*.

El parámetro IC presentó valores crecientes en la pulpa y en la cáscara, correspondientes al índice de coloración. Este resultado es característico del color que cambia de verde intenso al amarillo verdoso durante la maduración de la fruta.

En la pulpa los valores de a^* fueron positivos desde el primer grado de madurez. Las coordenadas a^* y b^* presentan un ascenso desde $19,95 \pm 0,26$ hasta $34,60 \pm 1,23$ y $30,36 \pm 0,43$ hasta $38,61 \pm 1,24$ respectivamente (Figura 6).

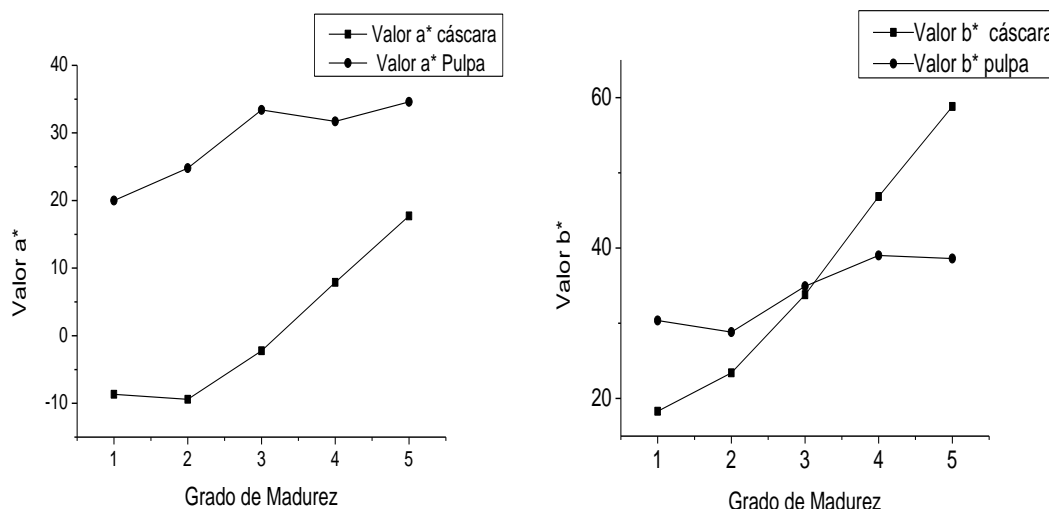


Figura 6. Componentes del color a^* y b^* en cáscara y pulpa durante la maduración de frutos de papaya Tainung F1.

Los valores de a^* presentan diferencias marcadas entre cáscara y pulpa, de modo distinto el comportamiento de los valores b^* resulta similar en los primeros grados de madurez. Al respecto, Santamaría *et al.* (2009) reportan valores de la coordenada a^* en cáscara para la variedad de papaya Maradol de -18 a -10 al momento de la cosecha y 10,25 durante la madurez de consumo, valores de luminosidad L^* de 43,12 al momento de la cosecha hasta 57,21 en madurez de consumo y valores de la coordenada b^* que aumentan de 30 a 45,77 en la madurez de consumo en cáscara. El desarrollo de los carotenoides y la pérdida de clorofila durante la maduración influyen en la luminosidad L^* , que presenta un ascenso acentuado para el grado de madurez 4, datos similares son presentados para papayas cultivadas en España (Hernández *et al.* 2007).

El tono del color de la cáscara y pulpa mostró que las frutas de papaya Tainung F1 fueron inicialmente verdes y amarillentas respectivamente, hubo un cambio hacia el amarillo en cáscara y anaranjado en pulpa. El color amarillo se presentó en la cáscara a los 3 días de

almacenamiento a 27,4 °C, después de la cosecha, cuando los frutos alcanzaron valores h° cercanos a 93° (Figura 7). La pulpa presentó color amarillo desde el primer grado de madurez y desarrolló un color amarillo anaranjado en los grados de madurez 4 y 5, con valores del ángulo del tono h° de 48°. Los cambios de color se pueden asociar a la síntesis de pigmentos como los carotenoides durante el desarrollo de la fruta (Ferrer *et al.* 2005). Cabe destacar las explicaciones referenciadas por Santamaría *et al.* (2015), al resaltar que los cambios de color pueden relacionarse al incremento del color amarillo sin detrimento del color verde en los grados de madurez 1 y 2 donde predominan valores negativos del valor a^* .

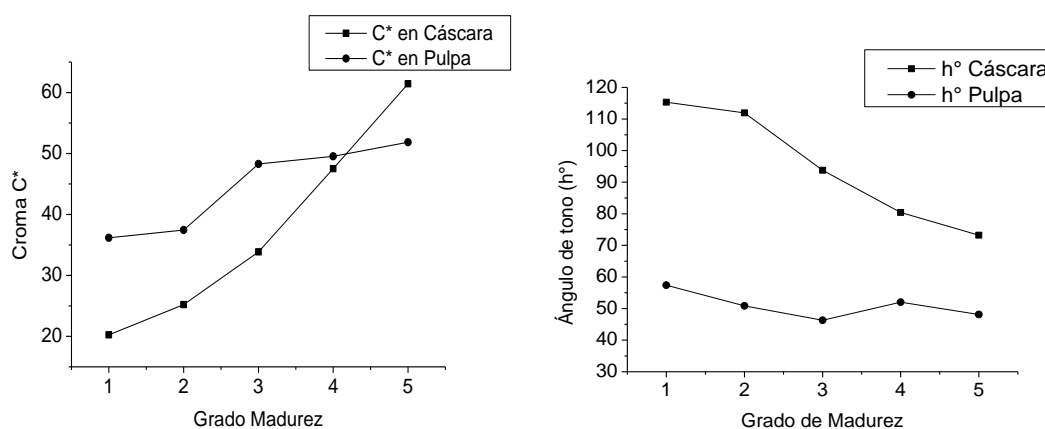


Figura 7. Componentes del color de cáscara y pulpa durante la maduración de frutas de papaya Tainung F1. (C^*) (h°)

El valor del croma (C^*), presentó un aumento al ascender de 20,25 a 61,42 para la cáscara y de 36,16 a 51,86 para la pulpa de la papaya Tainung F1, entre el grado de madurez 1 y el grado de madurez 5 respectivamente. Datos similares han sido presentados por Sañudo y Báez (2011) para el croma de la papaya Tainung mexicana, que presenta valores en pulpa de 26 ± 2 en el estado de madurez 1, hasta 34 ± 6 en el grado de madurez 3.

Mientras la variedad Sensation cambia de 25 ± 3 a 34 ± 3 en concordancia con el ángulo de tono h° . Las variaciones mencionadas resultan acordes al comportamiento del color, y presentan una migración de verde a amarillo en la cáscara y amarillo a anaranjado en la pulpa. Almeida *et al.* (2011) midieron valores para el ángulo de tono h° en promedio de 60° para el grado de madurez 4, al mismo tiempo que los valores de L^* decaen de 70 a 50. Se destaca que el patrón de color de la papaya no se restringe a franjas amarillas en los costados de los frutos, se puede presentar el color amarillo en casi cualquier parte de la cáscara.

El ángulo de tono h° y el valor de C^* permiten identificar el estado de madurez. Los valores de h° cercanos a 90 corresponden a un color amarillo y mientras más se acerca a 0 el tono representa un color rojo. En estudios realizados por Rivera *et al.* (2004) en papaya variedad Maradol almacenada a 10°C el tono h° y el croma C^* presentaron valores de 55 y 49 al término de los 12 días de almacenamiento.

La evolución del color desde el grado de madurez 1 hasta el grado de madurez 5 se puede asociar con la disminución de la clorofila b, que resulta hidrolizada a clorofilida y fitol. Mientras que la disminución de la intensidad del color se asocia generalmente a la disminución de la clorofila a, variaciones que producen cambios en las absorciones del campo visible (Yang *et al.* 2009). El estudio de las coordenadas de color de la papaya Tainung F1 permite obtener una guía de calidad para la clasificación técnica de las frutas cosechadas, en aras de fortalecer los controles de calidad respecto a la clasificación y estandarización del producto.

4.3 EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS EN LA PULPA DE LA PAPAYA TAINUNG F1

4.3.1 Evaluación del contenido de vitamina C

La evaluación del contenido de vitamina C en la pulpa de papaya Tainung F1 (Figura 8), presentó un leve aumento respecto al grado de madurez. La pulpa registra un promedio de 60,2 mg/100 g para el grado de madurez 5 y de 59,08 mg/100 g para el grado de madurez 1. El análisis de varianza de los datos y la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), aplicado a los datos de contenido de vitamina C muestra que hay diferencias significativas entre los valores encontrados para los grados de madurez 3, 4 y 5 (Anexo E).

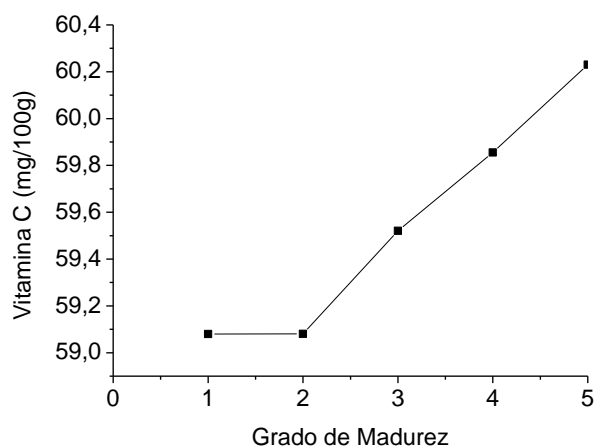


Figura 8. Contenido de Vitamina C en frutos de papaya Tainung F1 para cinco grados de madurez.

En la papaya a diferencia de la mayoría de frutas se presenta un aumento del contenido de vitamina C a medida que se desarrolla el fruto (Lobo 1995). El contenido de vitamina C en papaya también muestra un aumento en investigaciones similares, como lo indican Oliveira *et al.* (2010) para papaya Tainung 1 cultivada en Baraúna – Brasil, con valores

promedio de 60 mg/100 g a 65 mg/100 g. De igual manera Souza *et al.* (2005) reportan valores de $76,7 \pm 1,21$ mg/100 g. También se encuentran registros de 55 mg/100 g (Lobo 1995), 60,9 mg/100 g (Molina 2011), así como contenidos de 45,3 mg/100 g en papaya silvestre, 71,3 mg/100 g para Tainung 1, 154 mg/100 g encontrado en cultivares de papaya de Santa Amalia-Cuba y valores de $68,9 \pm 2,38$ mg/100 g en papaya variedad Maradol (Rodríguez *et al.* 2014).

El aumento del contenido de vitamina C en los grados de madurez superiores también puede explicarse por la acidez que posee la fruta. Este comportamiento facilita la disponibilidad de otros ácidos orgánicos como fuente de energía, que son utilizados en los procesos oxidativos en lugar del ácido ascórbico. La vitamina C se encuentra presente en muchas frutas cítricas, como las naranjas, limones, limas, toronjas, en frutas rojas como fresa, frambuesa, cereza y en frutas hídras como la sandía, la papaya, el melón y la piña. También se encuentra en vegetales como repollo, lechuga, espinaca, acelga, brocoli, pimentones, guindillas, ajíes y coliflor.

En la Figura 9 se puede observar la comparación entre los contenidos de vitamina C encontrados en la papaya Tainung F1 en estudio y otros vegetales de consumo masivo. De acuerdo a Meza *et al.* (2006) el incremento del nivel de azúcares en los tejidos de la fruta, trae como consecuencia el aumento de ácido ascórbico, puesto que este se sintetiza a partir de las hexosas. Es importante destacar que el contenido de vitamina C puede ser influenciado por las condiciones climáticas, como la radiación solar y la temperatura.



Figura 9. Comparación del contenido de Vitamina C en frutas de papaya Tainung F1 cultivada por APPALSI y otros vegetales de consumo masivo cultivados en Colombia.

Fuentes: (Moreiras et al. 1995; Correa *et al.* 2012; Ordóñez y Yoshioka 2012).

Varias especies de frutas que pueden crecer a temperaturas bajas presentan mayores contenidos de vitamina C en relación a las frutas que se cultivan a temperaturas mayores como es el caso de la papaya Tainung F1. Otros factores como el contenido de nitrógeno adicionado al cultivo pueden disminuir el contenido de vitamina C de las frutas, las interacciones entre genotipos, el tratamiento del cultivo, la localización geográfica y la aplicación de pesticidas (Lee y Kader 2000).

La relación del contenido de vitamina C con la actividad antioxidante derivada del consumo de la fruta puede ser alrededor de 0,4% del potencial antioxidante total (Boyer y Hai 2004). La capacidad antioxidante de las frutas varían en torno al contenido de vitamina C, vitamina E, carotenoides, flavonoides y polifenoles, considerándose necesario el consumo de frutas para mezclar todos los componentes y lograr un efecto

benéfico en el consumidor (Machado y Schieber 2010; Calderón *et al.* 2011). La variación del contenido de vitamina C entre los distintos grados de madurez, puede relacionarse con la funcionalidad que posee este fitonutriente, que resulta importante para la división, diferenciación y desarrollo de la fruta (Edgar 1970; García *et al.* 2006; Wang *et al.* 2011).

El contenido de vitamina C encontrado en la papaya Tainung F1 cultivada por APPALSI en el departamento de Córdoba, resulta un indicador importante como referencia nutricional para el mercadeo de la fruta, su promoción como alimento saludable y conocimiento relevante para el control de procesos de agroindustrialización que proyectan los cultivadores en producción de conservas.

4.3.2 Evaluación del contenido de fenoles totales

Los resultados de la determinación de fenoles totales en la pulpa de papaya Tainung F1, se muestran en la Figura 10. La disminución en el contenido de fenoles que se observa desde el grado de madurez 1 con 342,4 mg de equivalente ácido gálico/100 g hasta el grado de madurez 5 con 240,7 mg de equivalente ácido gálico/100 g, puede estar relacionada con el alto metabolismo oxidativo que se presenta a causa del apareamiento de especies reactivas de oxígeno singlete. El método de extracción utilizado, metanol-agua también puede incidir en menor extracción de fenoles que mezclas de metanol-acetona (Lu y Foo 1999). La disminución del contenido de fenoles con el grado de madurez puede asociarse también al efecto antioxidante primario de estos fitonutrientes (Olaya y Restrepo 2012) . El análisis de varianza aplicado a los datos de contenido de fenoles totales, presenta diferencias significativas entre los valores para cada grado de madurez, así como la influencia significativa de este factor en las concentraciones (Anexo E).

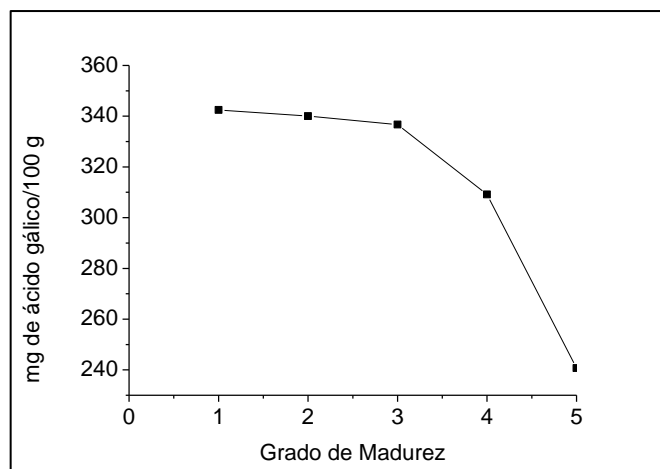


Figura 10. Valores del contenido de fenoles totales en los diferentes grados de madurez de la papaya Tainung F1.

En un estudio realizado por Repo y Encina (2008) con papaya cultivada en Perú, se encontró valores de concentración de fenoles totales de $167 \pm 0,3$ mg de equivalente ácido gálico / 100 g para papaya de monte y de $57 \pm 0,2$ mg de equivalente ácido gálico / 100 g para papaya tropical.

El contenido de fenoles totales de la papaya Tainung F1, puede considerarse como nivel intermedio, en relación al contenido que poseen otras frutas y vegetales. En la Figura 11 se observa una comparación entre los contenidos de fenoles totales de la papaya Tainung F1 y otras frutas de acuerdo a los estudios de capacidad antioxidante en frutas colombianas.

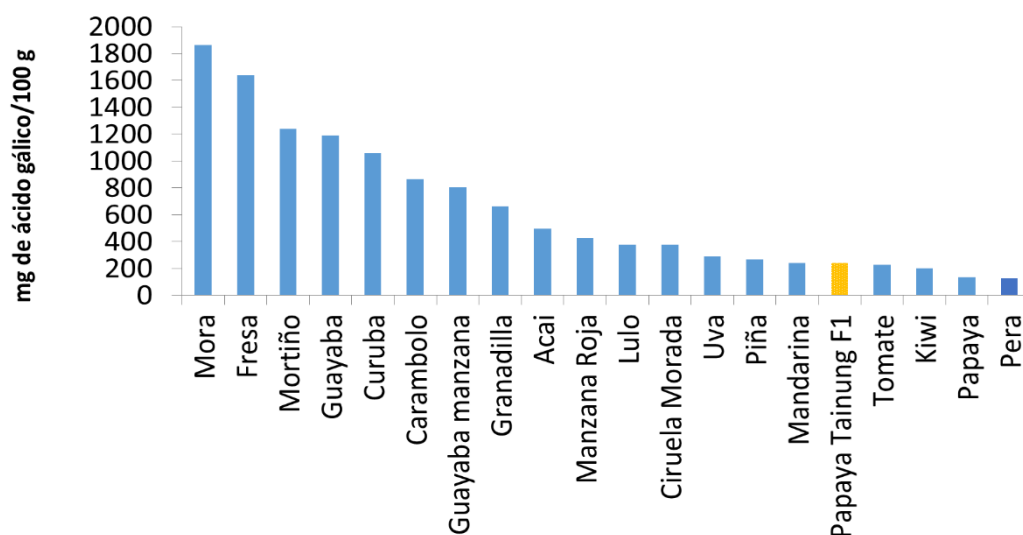


Figura 11. Contenido de Fenoles totales en papaya Tainung F1 y otras frutas de consumo masivo.

Fuentes: Zapata *et al.* (2014); Calderón *et al.* (2011); Cárdenas *et al.* (2015).

El contenido de fenoles totales en la fruta puede asociarse con la diversidad genética, el grado de madurez, el clima, la temperatura, la intensidad lumínica, el uso de fertilizantes y las condiciones de almacenamiento (Vasco *et al.* 2008). La capacidad antioxidante de la fruta puede relacionarse directamente con el contenido de fenoles totales, como lo advierten Prior *et al.* (1998), al resaltar una alta correlación positiva entre estos dos parámetros, además se tiene en cuenta que el ácido ascórbico y los carotenoides también influyen en la medida (Vallejo *et al.* 2003; Contreras *et al.* 2010).

La biosíntesis de fenoles en la fruta está asociada a la acción de la enzima fenilalaninaamonioliasa (FAL) que actúa en las últimas etapas de crecimiento de la fruta y favorece la concentración de los antioxidantes en los inicios de la maduración (Arellano *et al.* 2005; Alia *et al.* 2008).

La importancia que reviste el análisis del contenido de fenoles en la papaya Tainung F1 cultivada en el departamento de Córdoba, se asocia a las afirmaciones que existen sobre la capacidad de estos fitonutrientes para restaurar células carentes del gen P53, gen encargado de la apoptosis y del control de la proliferación celular responsable del cáncer. En general los ácidos fenólicos poseen actividad anticancerígena (Wiseman 2008). En medio de las ventajas comparativas del mercado resulta un dato relevante para la ficha técnica y promoción de las propiedades del consumo de la fruta así como el monitoreo de los fenoles en los procesos de transformación agroindustrial.

5. CONCLUSIONES

- Se determinó la tasa de respiración y los porcentajes de pérdida de peso de la papaya Tainung F1 y con ello se halló que no existe un comportamiento lineal entre el grado de madurez y la intensidad respiratoria verificándose el comportamiento climatérico de las frutas de papaya Tainung F1 para los cinco grados de madurez estudiados y se alcanzó la máxima intensidad respiratoria en el grado de madurez 3. Las frutas almacenadas a 10,3 °C presentaron una pérdida de peso inferior al límite de 5% que representa el deterioro excesivo de la calidad y las almacenadas a temperatura ambiente de 27,4 °C presentan una pérdida de peso inferior al 5% hasta el tercer día.
- La composición fisicoquímica de las frutas de papaya Tainung F1 varía con el avance del grado de madurez y presenta un aumento del contenido de grados Brix (SST) y acidez (%), al tiempo que el pH disminuye. Estas características indican la funcionalidad de la fruta para el procesamiento de conservas como mermeladas, jaleas y jugos. Además de un sabor suave para el consumo en fresco, en ensaladas, como fruta no ácida para balancear la dieta. Existe una correlación altamente significativa entre el grado de madurez de la papaya Tainung F1 y las coordenadas de color en cáscara. Se puede establecer como parámetros de almacenamiento y madurez comercial las coordenadas a^* de -9,42, b^* 23,39, L^* 0,14, C^* 25,21, h° 111,9 y un índice de coloración de -13,64.

- En cuanto a las propiedades nutraceuticas, el contenido de vitamina C aumentó con el avance del grado de madurez. Este resultado confirma la importancia de mantener las frutas en las condiciones de almacenamiento mencionadas en el estudio presente para evitar la pérdida de estos nutrientes, además se determinó que la cantidad de esta vitamina en la papaya Tainung F1 es comparable a la de frutas como la guayaba o las fresas, que es considerada alta. Esta información constituye un plus para la comercialización de la fruta dentro del marco de productos saludables tipo exportación. Por otro lado, el contenido de fenoles disminuye con el avance del grado de madurez. El control de las temperaturas de almacenamiento es imprescindible para no deteriorar la capacidad antioxidante que posee la fruta. La papaya Tainung F1 puede considerarse como fruta de nivel intermedio en contenido de fenoles aspecto que resulta destacable al momento de la comercialización.

6. RECOMENDACIONES

- Analizar y cuantificar los componentes del aroma de la papaya y su relación con los parámetros de la medida del color.
- Examinar el contenido de fenoles totales en cáscara y semillas. Para clasificar analíticamente la clase de fenoles presentes en la papaya Tainung F1 cultivada por APPALSI en el departamento de Córdoba.
- Elaborar un perfil de flavonoides y carotenoides presentes en la cáscara y semillas de la papaya Tainung F1.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, M., Reza, M., Gerardo, R., Madinaveitia, C. y Meza, J. 2011.** Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de ciencias biológicas y de la salud* 13(2):16-22.
- Alia, I., Saucedo , C. y Martinez, M. 2008.** Temperaturas de almacenamiento en frutos de mamey *Pouteria sapota j.* *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 6(1):73-78.
- Almeida, A., Delane, J., Santos, D., Vieira, T. y Costa, M. 2011.** Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya L.*) asociado a la aplicación de películas comestibles. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 2(1):49-60.
- Alonso, M., Tornet, Y., Aranguren,M. y Ramos, R. 2008.** Caracterización de los frutos de cuatro cultivares de papaya del grupo “Solo”, introducidos en Cuba. *Agronomía Costarricense* 32(2):169-75.
- Amaya, P., Peña, L., Mosquera, A., Villada, H. y Villada, D. 2010.** Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Dyna* 77(162): 67-73
- Angueira, M., Sandoval, A. y Barreiro, J. 2003.** Tasas de respiración en cuatro híbridos de pimentón (*Capsicum annum* L.). *Interciencia* 28(10): 1-9.
- Angón, P. y Sánchez, N. 2006.** Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto. *Temas de Ciencia y Tecnología* 10(30):3 - 8.
- Arellano, L., Saucedo , C. y Arevalo , L. 2005.** Biochemical and physiological changes during ripening of black sapote fruit (*Diospyros digyna* Jacq.). *Agrociencia* 39(2):173-181.

Arias, C. 2000. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (en línea). Disponible en:

http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS_PDF/HORTOFRUTICOLA/Fao.%20Manual%20para%20cosechas.pdf [16 octubre de 2014].

Arpaia, M.L. y Kader, A. 2013. Papaya: Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha (en línea) Universidad de California, Disponible en: http://ucanr.edu/sites/postharvest/frutasymelones/Papaya_ESP/ [23 de agosto de 2016].

Arrázola, G., Barrera, J. y Villalba, M., 2013. Determinación física y bromatológica de la guanábana cimarrona (*Annona glabra* L.) del departamento de Córdoba. Orinoquía 17(2): 159-66

Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 5th edition. Edited by Keneth Helrich. Unite States of América. ISBN 0-935584-42-0.

ASOHOFrucol. 2013. Frutas y hortalizas. Revista No32. ISSN 2027-9671 pág. 15. (En línea). Disponible en: <http://www.fondohortifruticola.com.co/archivos/Revista/Revista32.pdf> [10 abril de 2015].

ASOHOFrucol. 2015. Estudio de prefactibilidad para el montaje de una empresa exportadora de papaya para acceder a los mercados de Europa, Canadá y Estados Unidos (en línea). Disponible en: http://www.frutasyhortalizas.com.co/leytransparencia/Informe_Gestion_2015.pdf. [10 abril de 2015].

Barragán, P. 2011. Potencial saludable de sustancias bioactivas de algunas verduras. Tesis de Nutricionista Dietista, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Barrera, J., Arrázola, G. y Cayón, D., 2010. Caracterización fisicoquímica y fisiológica del proceso de maduración de plátano Hartón (musa AAB Simmonds) en dos sistemas de producción. Acta Agronómica 59 (1): 20-29.

Belandria, D., Velandria, V. y Navarro, C. 2010. Caracterización física, química y organoléptica de los frutos de lechosa (*Carica papaya* L.) en las variedades Tailandia y Maradol. Producción Agropecuaria/Agroalimentaria 3 (1): 45-49.

Bernal de Ramírez, I. 1993. Análisis de Alimentos. Ed. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá. ISBN 9589205003, p313.

Bernal, J. y Díaz, C. 2003. Tecnología para el cultivo del tomate de árbol. Manual Técnico 3. Ecorregión Andina .Centro de Investigación la Selva. Rionegro, Antioquia. 2003. Begon Ltda., p130.

Bertoluzzo, M. 2008. Estudio cinético de la actividad proteolítica de la enzima ficina. Congreso de biotecnología y bioingeniería. Anales Afa, 20, p243-245

Boyer, J. y Hai, R. 2004. Apple phytochemicals and their health benefits. Nutrición Journal 3(5):5

Bron, I, y Jacomino, A. 2006. Ripening and quality of 'Golden' papaya fruit harvested at different maturity stages. Brazilian Journal of Plant Physiology 18(3): 389-96

Bryant, P., 2004. Optimising the postharvest management of lychee (*Litchi chinensis Sonn*): a study of mechanical injury and desiccation. Thesis (PhD). Sydney: Faculty of Agriculture, Department of Crop Sciences The University of Sydney.

Calderón, J., Jaimes, L., Hernández, E. y Villanova, B. 2011. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. Food Research International 44(7): 2047 – 2053.

Campuzano, A., Cornejo, F. y Ruiz, O. 2010. Efecto del tipo de producción de banano cavendish en su comportamiento poscosecha. Revista Tecnológica ESPOL – RTE 23(2): 41-48.

Cárdenas, G., Arrázola, G. y Villalba, M. 2015. Frutas Tropicales: Fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos. Ingenium 17(33): 29-40.

Carmona, V. 2001. Rol de la temperatura en el almacenamiento de productos frescos. Guía técnica de poscosecha 5. San José Costa Rica, p17

Carvajal, J., Aristizábal, I., Oliveros, C. y Mejía, J. 2011. Colorimetría del fruto de café (*Coffea arabica* L.) durante su desarrollo y maduración. Revista Facultad Nacional de Agronomía 64(2): 622-624

Castellanos, O., Fuquene, A., Fonseca, S., Ramírez, D., Giraldo, E. y Valencia, M. 2011. Estudio de la cadena productiva de la papaya en la región del norte del Valle - Brut. Bogotá: Ministerio De Comercio, Industria Y Turismo, p8-18.

Cenci, S., Fonseca, M. y Freitas, O. 2002. Procedimientos pós-colheita. In: Folegatti, M. I. da S.; MATSUURA, F.C. A. U. Mamão: pós-colheita. Brasília. Informação Tecnológica 5(21): 24-38.

Crisosto, C.H. 1999. Optimum procedures for ripening stone fruit. In: Management of Fruit Ripening. University of California, Davis, Postharvest Horticulture Series 9, pp. 28-30.

Contreras, J., Calderón, L., Guerra, E. y García, B. 2010. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. Food Res Intern. 44, p. 53.

Correa, J., Ortiz, D. y Sanchez, J. 2012. Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata* L.). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 11(2): 11-26.

CORPOICA, 2001. Manejo cosecha y post cosecha de mora lulo y tomate de árbol. 2000th ed. Bogotá, p107

Costa, A. y Balbino, J. 2002. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. Embrapa Informação Tecnológica 12(1): 12-18.

DPS. 2016. Productos del desarrollo alternativo. Participación de las organizaciones de Desarrollo Alternativo Feria Alimentec. Bogota: Dirección de gestión territorial - DGT Departamento administrativo para la prosperidad social

Drago, M., López, M. y Sainz, T. 2006. Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas 37(4): 58-68.

Dussán, S., Sylvio, H. y Melissa, M., 2008. Resistencia mecánica, tasa respiratoria y producción de etileno de caqui ‘Fuyu’ durante el almacenamiento (en línea) .Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n5/v12n05a09.pdf> [27 octubre de 2014].

Edgar, J. 1970. Dehydroascorbic Acid and Cell Division. *Nature*, 227: 24-26.

Esquivel, M. A., Tornet, Y., Aranguren, M., Ramos, R., Rodríguez, K., y Pastor, M. C. R. 2008. Caracterización de los frutos de cuatro cultivares de papaya del grupo Solo, introducidos en Cuba. *Agronomía costarricense: Revista de Ciencias Agrícolas* 32(2): 169-175.

Ferrer, A., Remon, S., Negueruela, A., y Oria, R. 2005. Changes during ripening of the very late season spanish peach cultivar calanda feasibility of using CIELAB coordinates as maturity indices. *Scientia Horticulturae* 105(4): 435-446.

Ferreira, M., Franco, A. y Kasper, R. 2005. Qualidade do tomate de mesa em função da época de colheita. *Scientia Agricola* 62(5): 446-451.

Figuroa, R., Gutiérrez, M., Aldana, L., Valdés, M. y Hernández, M. 2005. Compuestos puros de *Carica Papaya* contra *Spodoptera*. Yautepec-México: Instituto Politécnico Nacional, Yautepec. Centro de desarrollo de productos bióticos. Departamento de interacciones planta e insecto. Laboratorio de entomología, Instituto Politécnico Nacional, pp.1-4

Flores, K. 2009. Determinación no destructiva de parámetros de calidad de frutas y hortalizas mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano. In U.d.

Córdoba, ed. Tesis Doctoral. Córdoba-Argentina: Departamento de bromatología y tecnología de los alimentos, pp.37-44

Fonseca, M., Rocha, N., Cenci, S., Cecon, P. y Bressan, R. 2003. Comparación entre las papayas "Sunrise Solo" y "Golden" durante siete estados de madurez. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 5(2): 86-91

Forero, N., Gutiérrez, S., Sandoval, R., Camacho, J. y Meneses, M. 2014. Evaluación poscosecha de las características del lulo (*solanum quitoense*) cubierto con hoja de plátano. Temas Agrarios 19 (1): 73 – 85

Fuentes, M. 2003. Importancia de las frutas como alimentos con alta actividad antioxidante. In Bromatología, D.d.N.y. & Murcia, U.d., eds. V Congreso Internacional Alimentación, nutrición y dietética; Conferencias Sección A: Nutrición y Dietética. Universidad de Murcia, pp.33-34.

García, G., García, A., Mejía, O. y Clavijo, D. 2006. Aspectos bioclínicos y patobiológicos de la vitamina C en la especie humana. CES Medicina 20(2): 53-72.

García, M. 2010. Guía técnica del cultivo de papaya (en línea). Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PAPAYA.pdf> [19 octubre de 2014].

García, J., Beltrán, J. y Pérez, M. 2011. Mejoramiento de vida anaquel y calidad de papaya "Maradol" con 1 Metil Ciclopropeno. Rev. Fitotec 34(3): 197-204.

García, C. y Cury, K. 2011. Comportamiento postcosecha y evaluación de calidad de fruta fresca de guayaba en diferentes condiciones de almacenamiento. Revista de la Facultad Agrícola. Universidad Nacional. Sede Medellín 64(2): 6207-6212.

Gallego, S., Riaño, C. y Orozco, L. 2003. Determinación del comportamiento químico y fisiológico de Feijoa sellowiana en almacenamiento. Cenicafe 54(1): 50-62.

Godoy, A., Jacomino, A., Viera C. y Forato, L. 2010. Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de mamões golden. revista Brasileira de Fruticultura 32(3): 682-91.

Gómez, S., Jurado, Y. y Arcila, M. 2002. Comportamiento físico, químico y organoléptico de frutos de plátano dominico-hartón sometidos a diferentes sistemas de almacenamiento y tipos de empaques en el Quindío. Memorias. XV, Reunión. Realizada en Cartagena de Indias, Colombia. 27 de octubre al 02 de noviembre.

Gómez, Z. 2013. Diseño de un modelo funcional de distribución y operaciones logísticas para empresas productoras y comercializadoras de papaya de los municipios de Roldanillo y La Unión en el departamento del Valle del Cauca. In U.A.D. Occidente, ed. Tesis de grado para optar al título de Magister en Logística Integral. Santiago de Cali: Departamento de operaciones y sistemas, p35-40.

Hernández, Y., Lobo, M. y González, M. 2007. Optimización del tipo de troceado de papaya mínimamente procesada y su efecto en la translucidez. V Congreso iberoamericano de tecnología postcosecha y agroexportaciones, p751-759.

Hernández, M. 2011. Fisiología postcosecha. Bogotá: Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de biología. Universidad Nacional de Colombia, p25-39

ICA, 2010. Plan de trabajo para la certificación y exportación de papaya en Colombia (en línea). Disponible en:

<http://www.ica.gov.co/Importacion-y-Exportacion/Fitosanitarios/Plan-de-trabajo-para-la-certificacion-y-exportacio.aspx> [10 noviembre de 2014].

ICA, 2013. Córdoba inicia exportaciones de papaya hacia Canadá (en línea). Disponible en: <http://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2013/Cordoba-inicia-exportaciones-de-papaya-hacia-Canad.aspx> [27 octubre de 2014].

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 1997. Norma Técnica Colombiana (NTC) 4086. Frutas frescas. Naranja Valencia. Especificaciones (en línea). Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC4086.pdf> [09 agosto 2017].

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 1997. Norma Técnica Colombiana (NTC) 4102. Frutas frescas. Piña manzana. Especificaciones (en línea). Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC4102.pdf> [09 agosto 2017].

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 1997. Norma Técnica Colombiana (NTC) 4103. Frutas frescas. Fresa variedad Chandler. Especificaciones (en línea). Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC4103.pdf> [09 agosto 2017].

Instituto Tecnológico de Monterrey, 2003. Programa estratégico de necesidades de Investigación y transferencia de tecnología en la cadena agroalimentaria de la papaya Maradol. Cadena Agroalimentaria. Monterrey: Instituto Tecnológico de Monterrey Fundación produce Chiapas A.C.

Jiménez, J. 2002. El Cultivo de la papaya Hawaiana. Guacimo. Costa Rica: Editorial EARTH, pp.20-30 (en línea). Disponible en: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/90022688.pdf> [20 octubre de 2014].

Kader, A. 1992. Biotecnología y tecnología postcosecha: Una revisión general. Postharvest Technology of Horticultural Crops, publ.3111: 11-24.

Kader, A. 2002. Papaya. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. UDavis. USA (en línea). Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Papaya.shtml> [enero 19 de 2016]

Kader, A. 2007. Biología y tecnología postcosecha: Un panorama en tecnología Postcosecha de productos hortofrutícolas. 3ª edición. Kader, A. (Ed.). University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California, USA, p43-54.

Lee S. y Kader A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamina C. content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology 20(3): 207-220

Lobo, M. 1995. Caracterización bioquímica de frutos de papaya (*Carica papaya*, cv. Sunrise), hembra y hermafrodita, en relación con su aptitud al procesado por congelación. In U.C.D. Madrid, ed. Tesis Doctoral. Madrid: Facultad De Farmacia, p14-30

López, J. 2000. Manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Memoria taller: Corporación Para la Educación Integral y el Bienestar Ambiental Granada-Meta, p84.

Lu, T. y Foo, L. (1999). Rosmarinic acid derivatives from *Salvia officinalis*. *Phytochemistry* 51(1): 91-94.

Macrae, R., Robinson, R, y Sadler,M. 1993. *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*, Academic Press. Londres, R.U, p. 5365

Machado, S. y Schieber, A. 2010. Bioactive compounds in mango (*Mangifera Indica* L.). Federal University of Viçosa. Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. *Bioactive Foods in Promoting Health*, 10, pp.507-523

MADR, 2016. Desarrollo de la fruticultura en Córdoba. Informe del plan frutícola nacional. Montería: Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Mancera, J. 2010. Diseño de una pulpa funcional de frutas y hortalizas con propiedades antioxidantes y probióticas. Tesis para optar al título de M.Sc. en Ingeniería Química. Área de bioprocesos. Departamento de ingeniería química y ambiental. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Márquez, C. 2009. Caracterización fisiológica, físico-química, reológica, nutracéutica, estructural y sensorial de la guanábana (*Annona muricata* L. cv. Elita). In U.N.D.C.S. Medellín. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Doctor en Ciencias. Medellín: Facultad De Ciencias Agropecuarias.

- Mejía, L. 2013.** Evaluación del comportamiento físico y químico poscosecha del plátano dominico hartón (*Musa Aab* Simmonds) cultivado en el municipio de Belalcázar (Caldas). In U.N.D.C.S. Bogotá. Tesis de Maestría. Bogotá: Facultad De Ciencias.
- Mercado, J., Guzmán, I., García, J., Salinas, R., Báez, R. 2014.** Efecto del recubrimiento con ceras comestibles en frutos de papaya (*Carica papaya L.*) sobre su calidad durante el almacenamiento. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 15(1): 31-40
- Mezadri, T., Fernández, P., Soledad, M., Villaño, D., García, P. y Troncoso, A. 2006.** El fruto de la acerola: composición y posibles usos alimenticios. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 56(2): 101-109.
- Mirafuentes F., Santamaría F. y Azpeitia A. 2011.** Características de un nuevo híbrido de papaya para el sur de México, pp 286-289. In: Memorias de la XXIII Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco, noviembre 2011. Villahermosa, Tabasco, México.
- Miranda, S., Fagundes, G., Filho, J. y Yamanishi, O. 2002.** Características físicas e químicas de mamões dos grupos ‘Solo’ e ‘Formosa’ cultivados em Brasília DF. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 18-22 nov, 2002, Belen-Pará-Brasil.
- Molina, P., 2011.** Evaluación de las características nutricionales y microbiológicas de la papaya (*Carica Papaya L.*) deshidratada con la levadura. Tesis de grado. Bogotá: Facultad De Ciencias Pontificia Universidad Javeriana, p54.

- Morazina, M., Machado, P., Ângela, C., Matias, G., de Carvalho, C. y Arraes Maia, G. 2011.** Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International* 44(7): 2155–59.
- Moreiras, O., Carbajal, A. y Cabrera., L.1995.** Tablas de Composición de Alimentos. Madrid: Editorial Pirámide, p45.
- Moreno, M. 2003.** Degradación cinética de carotenoides obtenidos de frutos de *Carica papaya L.* *Revista de la Facultad de Agronomía* 20(2): 210-231
- Olaya, J. y Restrepo, L. 2012.** Estudio del contenido de fenoles y actividad antioxidante de guayaba en diferentes estados de madurez. *Acta Biológica Colombiana* 17(3): 611-624.
- Oliveira, P., Méndez, E., de Souza, P. y Duarte, A. 2010.** Qualidade de mamão ‘Formosa’ produzido no RN e armazenado sob atmosfera passiva. *Revista Ciência Agronômica* 41(4): 599-604.
- Ordóñez, L. y Yoshioka, L. 2012.** Cinética de degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (*Mangifera indica L.*). *Vitae* 19(1): 81-83.
- Osuna, J., Beltran, J. y Pérez, M. 2005.** Mejoramiento de vida anaquel, y calidad de la papaya Maradol con 1 Metilciclopropeno. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(1): 7-12.
- Padilla, F., Rincón, M. y Bou, L. 2008.** Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición* 58(3): 303-08

Paull, R., Nishijima, W., Reyes, M. y Cavaletto, C., 1997. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). Postharvest Biology and Technology 11(3): 165-79.

Pérez, I. y Carpita, N. 2006. Las B-Galactosidasas y la dinámica de la pared celular. INCI 31(7): 476-483.

Pinto, A., Martins, M., Dutra, E. y Vitorazi, I. 2006. Influência da atmosfera modificada por filmes plásticos sobre a qualidade do mamão armazenado sobre rigeração. Ciência e Tecnologia de Alimentos 26(4): 744-748.

Pinto, M. 2010. Modulo manejo de cosecha y poscosecha de las frutas (en línea). Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/234172836/238modulo-manejo-cosecha-poscosecha-en-frutas-docx> [15 octubre de 2014].

Prior, R., Cap, G., Martin, A. y Sofic, E. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthoanthocyanin content maturity and variety of Vaccinium species. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46(7): 2686-93.

Quila, F. 2003. Efecto de tres temperaturas y tres períodos de almacenaje sobre el comportamiento en poscosecha, de frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.), cv.GoldenNugget. Taller. Universidad Católica de Valparaíso: Facultad de Agronomía, p52.

Ramírez, R., Castellano, G. y Sayago, E. 2005. Comportamiento pos cosecha de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) tratados con cloruro de calcio y agua caliente a dos temperaturas de almacenamiento. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 6(2): 78-82.

Reina, C. 1999. Manejo Postcosecha y evaluación de la calidad de maracuyá que se comercializa en la ciudad de Neiva. Neiva: Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería, p23-34

Repo, R. y Encina, C. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Revista de la Sociedad Química del Perú 74(2): 108-124.

Rivera, L., Vázquez, O., Ayala, Z. y González, A. 2004. Efecto del corte y la temperatura de almacenamiento en la calidad de papaya fresca cortada (*Carica papaya* L) cv maradol. Rev.Iber Tecnología Postcosecha 2(6): 83-94.

Rodríguez, J., Díaz, Y., Pérez, A. y Cruz, Z. 2014. Evaluación de la calidad y el rendimiento en papaya silvestre (*Carica papaya* L.) de Cuba. Cultivos Tropicales 35(3): 36-44.

Salamanca, G. y Osorio, T. 2011. Cambios en las propiedades termofísicas de cremogenados de mango en un proceso de congelación (en línea). Disponible en: http://www.acyja.com/documentos/Comunicaciones_Congresos/2011/PA%20036.pdf [27 Febrero 2015].

Santaella, M. 2011. Índices de madurez y momento óptimo de recolección en relación con el almacenamiento refrigerado del melocotón. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, p7-10

Santamaría, F., Mirafuentes, F., Zavala, M. y Vázquez, E. 2015. Calidad de frutos de materiales comerciales de papaya roja producidos en Yucatán, México. Agronomía Costarricense 39(1): 161-67.

Santamaría, Díaz, R., Sauri, E., Espadas, F. y Santamaría, F. 2009. Características de calidad de frutos de papaya maradol en la madurez de consumo. Agricultura Técnica en México 35(3): 347-53.

Santana, R., Matsuura, F. y Cardoso, A. 2003. Genótipos melhorados de mamao (Carica papaya L.): avaliacao tecnológica dos frutos na forma de sorvete. Cien. Tecnol. Aliment Campinas 23(supl): 151-155.

Sañudo, A., Siller, J., Osuna, T., Muy, D. y Dolores, L. 2008. Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica Papaya* L.) con 1-Metilciclopropeno Y Ácido 2-Cloroetil Fosfónico. Rev. Fitotec 2(31): 141-47.

Sañudo, J. y Baez, M. 2011. La calidad postcosecha de la papaya Mexicana. Proyecto Interinstitucional SAGARPA-2011-163213. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Culiacán, p15.

Semillas del Caribe. 2009. Productos. Disponible en <http://www.semilladelcaribe.com.mx> [13 diciembre 2016]

Servicio Agroalimentario de Cajamar. 2014. Fichas de Transferencia. Revista Online. Número001. España (en línea). Disponible en: <http://www.fundacioncajamar.es/pdf/bd/comun/transferencia/001-papaya1393852821.pdf> [1 septiembre de 2014]

Souza, B., Durigan, J., Rodrigues, J. y Almeida, G., 2005. Conservação de mamão 'Formosa' minimamente processado armazenado sob refrigeração. Revista Brasileira de Fruticultura 27(2): 273-76.

- Tano K., Arul J. y Castaigne F. 1998.** Respiration and transpiration characteristics of selected fruits and vegetables. IFTS 1998 Annual Meeting. Atlanta, Georgia, EEUU, p2
- Trujillo, Y. y Suarez, J. 2010.** Evaluación del proceso de maduración del lulo (*Solanum quitoense* Lam) variedad Castilla. Revista Alimentech Ciencia y Tecnología Alimentaria 8(1): 58-66.
- Torija, E., Diez, C., Matallana, C., Camara, M., Camacho, E. y Mazario, P. 1998.** Influence of freezing process on free sugars content of papaya and banana fruits. J. Sci. Food Agric 76(3): 315-19.
- Umaña, G., Loría, C. y Carl, J. 2011.** Efecto del grado de madurez y las condiciones de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas de la papaya híbrido Pococí. Agronomía Costarricense 2(35): 61-73.
- Vallejo F., Tomás, F. y García, C. 2003.** Effect of climatic and sulphur fertilization conditions, on phenolic compounds and vitamin C, in the inflorescences of eight broccoli cultivars. Eur Food Res 216(5): 395-401
- Vargas, E. 2010.** Estudio de mercado para la exportación de papaya a Holanda. Trabajo de grado para optar al título de licenciado en comercio internacional. Ibarra: Pontificia Universidad Católica de Ecuador, p23-24
- Vasco, C., Ruales, J. y Kamal-Eldin, A. 2008.** Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. Food Chemistry 111(4): 816-23.

Vázquez, E., Mata, H., Santamaría, F. y Ariza, F. 2010. Producción y manejo postcosecha de papaya Maradol en la planicie Huasteca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, 4, p10-12.

Victoria-Escamilla, M., Chaves, S., Mendoza y Sangerman-Jarquín, D. 2013. Diseño, fabricación y evaluación del prototipo de simulación de esfuerzos dinámicos en durazno (*Prunus persica*). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4(6): 933-945.

Wang, Y., Chen, S. y Yu, O., 2011. Metabolic engineering of flavonoids in plants and microorganisms. Appl Microbiol Biotechnol 91(4): 949-956.

Wiseman, M. 2008. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective. The second world cancer research fund/american institute for cancer research expert report. Proceedings of the Nutrition Society, p253.

Yang, X., Zhang, Z., Joice, D., Huang, X. y Xu, L. 2009. Characterization of chlorophyll degradation in banana and plantain during ripening at high temperature. Food Chemistry 114(2): 383-390

Yirat, M., García, A., Hernández, A., Calderín, A. y Camacho, N. 2009. Evaluación de la calidad de la guayaba, variedad Enana Roja EEA-1-23, durante el almacenamiento a temperatura ambiente. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 18(2): 70-73.

Zapata, S., Piedrahita, S. y Rojano, B., 2014. Capacidad atrapadora de radicales de oxígeno (orac) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. Perspectivas En Nutrición Humana 16(1): 25-36.

Zebadua, F., Vargas, L., González, Z., Tamayo, J., Sauri, G. y Centurion. 2007.

Efecto del empaque en bolsas de PBD, sobre la calidad y vida útil de la Pitahaya (Hylocereus undatus) durante su refrigeración. Tomo II: 1-6. Yucatan: Instituto Tecnológico de Merida.

Zhou, L., Paull, R. y Jung, Chen. 2004. Papaya USDA-ARS Agriculture handbook (86),

p4

Zhou, L., Paull, R. y Jung, Chen. 2014. Papaya: postharvest quality-maintenance

Guidelines. Fruit, Nut, and Beverage Crops (34): 2-4

ANEXOS

ANEXO A. Medidas experimentales promedio obtenidas en las frutas de papaya Tainung F1.

Medida	Cantidad
Largo (cm)	19,9
Masa (g)	1321
Diámetro central (cm)	9,77
Diámetro inferior (cm)	6,93
Diámetro superior (cm)	8,57

ANEXO B. Análisis estadístico para los datos de tasa de respiración de las frutas de papaya Tainung F1.

Prueba de Normalidad.

Grado Madurez		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	GL	P Valor	Estadístico	GL	p valor
Almacen 27,4 °C	1,00	,222	5	,200*	,923	5	,549
	2,00	,232	5	,212*	,982	5	,569
	3,00	,256	5	,250*	,951	5	,599
	4,00	,222	5	,200*	,923	5	,549
	5,00	,222	5	,200*	,923	5	,549
Almacen 10,3 °C	1,00	,243	5	,230*	,972	5	,532
	2,00	,222	5	,200*	,923	5	,549
	3,00	,223	5	,222*	,922	5	,517
	4,00	,225	5	,260*	,923	5	,541
	5,00	,226	5	,280*	,920	5	,534
*Límite inferior de la verdadera significación.							
a.Corrección de Lilliefors							

Prueba de Homocedasticidad.

	Estadístico de Levene	GL 1	GL 2	Sig.		
Almacén 27, 4 °C	0	4	20	0,79		
Almacén 10,3 °C	0	4	20	0,899		
Análisis de Varianza ANAVA						
		Suma de Cuadrados	df	Cuadrados Medios	F	Sig.
Almacén 27,4 °C	Entre grupos	4302,785	4	1075,696	17975,8	,000065
	Dentro delos grupos	1,197	20	,060		
	Total	4303,982	24			
Almacén 10,3 °C	Entre grupos	590,231	4	147,558	17975,8	,000071
	Dentro delos grupos	,164	20	,008		
	Total	590,395	24			

ANEXO B (Continuación). Análisis estadístico para los datos de tasa de respiración de las frutas de papaya Tainung F1.

Prueba de rangos múltiples para almacenamiento 27,4 °C por grado de madurez

Método: 95,0 por ciento Tukey HSD

Grado Madurez	Conteo	Media
1	5	6,82855
5	5	33,1904
4	5	35,5835
2	5	37,6085
3	5	45,4754

* Denota una diferencia estadística significativa

Contraste	Significancia.	Diferencia
1 - 2	*	-30,78
1 - 3	*	-38,6468
1 - 4	*	-28,755
1 - 5	*	-26,3618
2 - 3	*	-7,86682
2 - 4	*	2,025
2 - 5	*	4,41818
3 - 4	*	9,89182
3 - 5	*	12,285
4 - 5	*	2,39318

Prueba de rangos múltiples para almacenamiento 10,3 °C por grado de madurez

Método: 95,0 por ciento Tukey HSD

Grado Madurez	Conteo	Media
1	5	2,52909
5	5	12,2927
4	5	13,1791
2	5	13,9291
3	5	16,8427

Contraste	Significancia.	Diferencia
1 - 2	*	-11,4
1 - 3	*	-14,3136
1 - 4	*	-10,65
1 - 5	*	-9,76364
2 - 3	*	-2,91364
2 - 4	*	0,75
2 - 5	*	1,63636
3 - 4	*	3,66364
3 - 5	*	4,55
4 - 5	*	0,886364

*Denota una diferencia estadística significativa

ANEXO C. Análisis estadístico para los datos de pérdida de peso de las frutas de papaya Tainung F1 en dos condiciones de almacenamiento (27,4 °C y 10,3 °C).

Prueba no paramétrica

Kruskal-Wallis prueba para pérdida de peso por día

<i>Día</i>	<i>Tamaño de muestra</i>	<i>Promedio</i>
0	10	5,5
3	10	21,85
6	10	21,85
9	10	36,0
10	10	42,3

Estadístico de prueba = 39,49 P-Valor = 5,51789E-8

Prueba de normalidad para pérdida de peso

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>P-Valor</i>
Shapiro-Wilk W	0,858077	0,0000032201

Prueba de homogeneidad de varianzas

	<i>Prueba</i>	<i>P-Valor</i>
Levene's	2,57143	0,0505042

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-razón	p-valor
0 / 3	0	0,113529	0	0,0000
0 / 6	0	0,113529	0	0,0000
0 / 9	0	0,113529	0	0,0000
0 / 10	0	0,113529	0	0,0000
3 / 6	0,113529	0,113529	1,0	1,0000
3 / 9	0,113529	0,113529	1,0	1,0000
3 / 10	0,113529	0,113529	1,0	1,0000
6 / 9	0,113529	0,113529	1,0	1,0000
6 / 10	0,113529	0,113529	1,0	1,0000
9 / 10	0,113529	0,113529	1,0	1,0000

ANEXO D. Análisis estadístico para los datos de análisis fisicoquímico de las frutas de papaya Tainung F1.

Acidez (%)

Prueba de homogeneidad de varianzas

	<i>Prueba</i>	<i>p-valor</i>
Levene's	2,19123	0,0787

Prueba de rangos múltiples para acidez (%) por grado de madurez

Método: 95,0 por ciento Tukey HSD

Grado Madurez	Conteo	Media	Grupos Homogéneos
3	15	-2,03279	X
1	15	-1,77985	X
2	15	-1,70276	X
4	15	-1,3834	X
5	15	-1,37066	X

Contraste	Significancia.	Diferencia
1 - 2		-0,0770933
1 - 3	*	0,25294
1 - 4	*	-0,396453
1 - 5	*	-0,409193
2 - 3	*	0,330033
2 - 4	*	-0,31936
2 - 5	*	-0,3321
3 - 4	*	-0,649393
3 - 5	*	-0,662133
4 - 5		-0,01274

* Denota una diferencia estadística significativa.

ANEXO D (Continuación). Análisis estadístico para los datos de análisis fisicoquímico en papaya Tainung F1.

pH

Prueba de homogeneidad de varianzas

	<i>Prueba</i>	<i>P-Valor</i>
Levene's	2,19123	0,07879

<i>Comparación</i>	<i>Sigma1</i>	<i>Sigma2</i>	<i>F-razón</i>	<i>p-valor</i>
1 / 2	0,0334806	0,158153	0,0448159	0,0000
1 / 3	0,0334806	0,120467	0,0772411	0,0000
1 / 4	0,0334806	0,0379599	0,777925	0,6449
1 / 5	0,0334806	0,0296808	1,27243	0,6583
2 / 3	0,158153	0,120467	1,72352	0,3200
2 / 4	0,158153	0,0379599	17,3582	0,0000
2 / 5	0,158153	0,0296808	28,3924	0,0000
3 / 4	0,120467	0,0379599	10,0714	0,0001
3 / 5	0,120467	0,0296808	16,4735	0,0000
4 / 5	0,0379599	0,0296808	1,63568	0,3682

Prueba de rangos múltiples para pH por grado de madurez

Método: 95,0 por ciento Tukey HSD

Grado Madurez	Conteo	Media	Grupos Homogéneos
3	15	5,29133	X
4	15	5,29533	X
5	15	5,30667	X
2	15	5,49133	X
1	15	5,52933	X

Contraste	Significancia.	Diferencia
1 – 2		0,038
1 – 3	*	0,238
1 – 4	*	0,234
1 – 5	*	0,222667
2 – 3	*	0,2
2 – 4	*	0,196
2 – 5	*	0,184667
3 – 4		-0,004
3 – 5		-0,0153333
4 – 5		-0,0113333

* Denota una diferencia estadística significativa.

ANEXO D (Continuación). Análisis estadístico para los datos de análisis fisicoquímico en papaya Tainung F1.

SST (°Brix)

Prueba de homogeneidad de varianzas

	<i>Prueba</i>	<i>P-Valor</i>
Levene's	3,04845	0,0724347

<i>Comparación</i>	<i>Sigma1</i>	<i>Sigma2</i>	<i>F-razón</i>	<i>p-valor</i>
1 / 2	0,522995	0,349421	2,24025	0,1434
1 / 3	0,522995	0,351598	2,2126	0,1495
1 / 4	0,522995	0,297145	3,09783	0,0426
1 / 5	0,522995	0,123893	17,8197	0,06
2 / 3	0,349421	0,351598	0,987658	0,9818
2 / 4	0,349421	0,297145	1,38281	0,5523
2 / 5	0,349421	0,123893	7,95433	0,084
3 / 4	0,351598	0,297145	1,40009	0,5372
3 / 5	0,351598	0,123893	8,05373	0,074
4 / 5	0,297145	0,123893	5,75231	0,073

Prueba de rangos múltiples para SST por grado de madurez

Método: 95,0 por ciento Tukey HSD

<i>Grado Madurez</i>	<i>Conteo</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	15	10,2000	X
2	15	10,9700	XX
3	15	11,4776	X
4	15	11,5276	X
5	15	11,5676	X

<i>Contraste</i>	<i>Significancia</i>	<i>Diferencia</i>
	.	
1 - 2	*	-0,33
1 - 3	*	-2,37
1 - 4	*	-2,28
1 - 5	*	-2,33
2 - 3	*	-2,04
2 - 4	*	-1,95
2 - 5	*	-2,0
3 - 4	*	0,09
3 - 5	*	0,04
4 - 5	*	-0,05

* Denota una diferencia estadística significativa.

ANEXO D (Continuación). Análisis estadístico para los datos de análisis fisicoquímico en papaya Tainung F1.

Análisis de Varianza.

ANAVA						
		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p valor.
Ph	Entre grupos	,826	4	,206	24,029	,000024
	Dentro de los grupos	,602	70	,009		
	Total	1,428	74			
SST (°Brix)	Entre grupos	5,105	4	1,276	10,245	,000043
	Dentro de los grupos	8,720	70	,125		
	Total	13,825	74			
Acidez (%)	Entre grupos	4,728	4	1,182	48,845	,00015
	Dentro de los grupos	1,694	70	,024		
	Total	6,422	74			

Color en cáscara

Prueba de homogeneidad de varianzas

	<i>Prueba</i>	<i>p-Valor</i>
Levene's	1,91644	0,1172

<i>Comparación</i>	<i>Sigma1</i>	<i>Sigma2</i>	<i>F-Razón</i>	<i>p-valor</i>
1 / 2	0,122625	0,16973	0,521962	0,2361
1 / 3	0,122625	0,289965	0,17884	0,0027
1 / 4	0,122625	0,223229	0,301757	0,0322
1 / 5	0,122625	0,227723	0,289963	0,0271
2 / 3	0,16973	0,289965	0,34263	0,0542
2 / 4	0,16973	0,223229	0,578119	0,3168
2 / 5	0,16973	0,227723	0,555524	0,2834
3 / 4	0,289965	0,223229	1,6873	0,3390
3 / 5	0,289965	0,227723	1,62135	0,3767
4 / 5	0,223229	0,227723	0,960916	0,9416

ANEXO D (Continuación). Análisis estadístico para los datos de análisis fisicoquímico en papaya Tainung F1.

ANAVA datos para a* por grado de madurez

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F-Razón	p-valor
Entre grupos	8131,81	4	2032,95	78070,99	0,00002
Dentro de los grupos	1,82279	70	0,0260398		
Total (Corr.)	8133,64	74			

ANAVA datos para b* por grado de madurez

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F-Razón	p-valor
Entre grupos	16804,9	4	4201,21	86310,11	0,000032
Dentro de los grupos	3,40731	70	0,0486758		
Total (Corr.)	16808,3	74			

ANAVA datos para L* por grado de madurez

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F-Razón	p-valor
Entre grupos	5862,23	4	1465,56	34667,95	0,000012
Dentro de los grupos	2,95919	70	0,0422741		
Total (Corr.)	5865,18	74			

ANAVA datos para C* por grado de madurez

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F-Razón	p-valor
Entre grupos	17094,7	4	4273,67	93062,08	0,00003
Dentro de los grupos	3,2146	70	0,0459228		
Total (Corr.)	17097,9	74			

ANAVA datos para h° por grado de madurez

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F-Razón	p-valor
Between groups	20936,0	4	5234,01	34543,25	0,00004
Within groups	10,6064	70	0,151521		
Total (Corr.)	20946,7	74			

ANEXO E. Análisis estadístico para los datos de contenido de vitamina C y fenoles totales en papaya Tainung.

Prueba de rangos múltiples para Vitamina C por grado de madurez

Método: 95,0 por ciento Tukey HSD

Grado Madurez	Conteo	Media	Grupos Homogéneos
1	5	59,0828	X
2	5	59,5428	X
3	5	60,0028	X
4	5	60,1448	X
5	5	60,1908	X

Contraste	Significancia.	Diferencias
1 – 2	*	-0,46
1 – 3	*	-0,92
1 – 4	*	-1,062
1 – 5	*	-1,108
2 – 3	*	-0,46
2 – 4	*	-0,602
2 – 5	*	-0,648
3 – 4		-0,142
3 – 5		-0,188
4 – 5		-0,046

* Denota una diferencia estadística significativa.

Pruebas de Normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	GL	P-Valor	Estadístico	GL	p-valor
Vitamina C	,143	25	,200*	,938	25	,136
Fenoles	,317	25	,000	,688	25	,230
*. Este es un límite inferior de la verdadera significancia.						
a. Corrección de la significancia de Lilliefors						

ANEXO E (continuación). Análisis estadístico para los datos de contenido de vitamina C y fenoles totales en papaya Tainung.

ANAVA						
		Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	P-valor.
Fenoles	Entre grupos	37062,319	4	9265,580	25036 5,590	,00007
	Dentro de los grupos	,740	20	,037		
	Total	37063,059	24			
Vitamina C	Entre grupos	4,465	4	1,116	30,163	,00001
	Dentro de los grupos	,740	20	,037		
	Total	5,205	24			

Prueba de rangos múltiples para fenoles (ácido gálico) por grado de madurez
Método: 95,0 por ciento Tukey HSD

Grado Madurez	Conteo	Media	Grupos Homogéneos
4	5	240,727	X
5	5	309,148	X
3	5	336,692	X
2	5	340,343	X
1	5	342,481	X

Contraste	Significancia.	Diferencias
1 – 2	*	2,13842
1 – 3	*	5,78947
1 – 4	*	101,754
1 – 5	*	33,3333
2 – 3	*	3,65105
2 – 4	*	99,616
2 – 5	*	31,1949
3 – 4	*	95,9649
3 – 5	*	27,5439
4 – 5	*	-68,4211

* denota una diferencia estadística significativa.

ANEXO F. Resumen propiedades fisicoquímicas de la papaya Tainung F1

Grado de madurez	Color			Acidez (% Ácido cítrico)	SST	pH
		Cáscara	Pulpa			
1	a*	-8,66	19,96	0,02	10,2	5,53
	b*	18,31	30,36			
	C*	20,25	36,16			
	L*	34,64	66,45			
	h°	115,3	56,68			
2	a*	-9,42	24,83	0,02	10,97	5,49
	b*	23,39	28,83			
	C*	25,22	37,45			
	L*	39,26	53,89			
	h°	111,9	49,26			
3	a*	-2,22	33,37	0,01	11,48	5,3
	b*	33,78	34,91			
	C*	33,85	48,29			
	L*	48,92	52,13			
	h°	93,8	46,28			
4	a*	7,89	31,74	0,04	11,53	5,29
	b*	46,85	39,01			
	C*	47,51	49,54			
	L*	46,74	52,01			
	h°	80,4	50,86			
5	a*	17,72	34,61	0,04	11,57	5,29
	b*	58,82	38,61			
	C*	61,43	51,86			
	L*	60,28	51,42			
	h°	73,2	48,13			

ANEXO G. Simbología utilizada

ITEMS	DESCRIPCIÓN
°C	Grados Centígrados
m ³	Metros cúbicos
HR	Humedad relativa
a*	Intervalo de color verde(-) a rojo(+)
b*	Intervalo de color azul (-) a amarillo(+)
L*	Luminosidad
C*	Croma
h°	Ángulo de tonalidad
SST	Sólidos solubles totales
Kg	Kilogramo
M	Metro
G	Gramo
P	Valor p (Estadístico)
GL	Grados libertad
p ≤ 0,05	Nivel del confianza del 95%